



Naturalis

Repositorio Institucional

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Estudio composicional de las secuencias silicoclásticas cretácicas superiores y terciarias inferiores de la cuenca austral argentina

Manassero, Marcelo Jorge

Doctor en Ciencias Naturales

Dirección: Spalletti, Luis Antonio

Co-dirección: Merodio, Julio Cesar

Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo
1989

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20120126000393>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL TITULO DE DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

ORIENTACION GEOLOGIA

TITULO: ESTUDIO COMPOSICIONAL DE LAS SECUENCIAS SILICOCLASTICAS
CRETACICAS SUPERIORES Y Terciarias inferiores de la Cuenca
AUSTRAL ARGENTINA.

AUTOR: MARCELO JORGE MANASSERO

DIRECTORES: LUIS ANTONIO SPALLETTI Y JULIO CESAR MERODIO

-1989-

"A toda mi familia"

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

AGRADECIMIENTOS

CAPITULO I	Introducción.....	1
CAPITULO II	Marco Geológico y Geotectónico.....	10
	Marco geológico.....	10
	Andes Patagónicos Australes.....	10
	Macizo del Deseado.....	13
	Marco geotectónico.....	16
	Evolución geotectónica de la cuenca durante el Cretácico y el Terciario.....	21
CAPITULO III	Estratigrafía.....	25
	Area del Lago Argentino.....	27
	Areas del Cerro Cazador y Río Turbio.....	42
CAPITULO IV	Petrografía.....	57
	Mineralogía de arcillas.....	57
	Petrografía de areniscas.....	78
CAPITULO V	Geoquímica de areniscas y pelitas.....	114
	Introducción.....	114
	Metodología.....	114
	Resultados.....	116
CAPITULO VI	Procedencia y paleogeografía.....	136
CAPITULO VII	Conclusiones.....	146
CAPITULO VIII	Autores citados.....	151

APENDICES

APENDICE I	Mineralogía de arcillas.....	163
	Diagramas verticales.....	165

APENDICE II	Petrografía de areniscas.....	169
	Diagramas verticales.....	170
	Tablas de conteo de puntos.....	185
APENDICE III	Tabla de composición química.....	195
ANEXO-	Perfiles	

LISTA DE FIGURAS

Fig 1-Ubicación relativa y mapa isopáquico de la Cuenca Austral Argentina, adaptado de Marinelli, 1982.....	2
Fig 2-Mapa Geológico del sector sur del Lago Argentino que muestra la posición relativa de las secciones relevadas.....	4
Fig 3-Correlación de las secciones relevadas a lo largo del margen occidental de la Cuenca Austral.....	5
Fig 4-Mapa Geológico del sector sur de la localidad de Cancha Carrera que muestra la posición relativa de las secciones relevadas.....	8
Fig 5-Mapa geológico regional de la Patagonia y Cordillera Austral con la ubicación del área de estudio, adaptado de Aguirre, 1985....	11
Fig 6-Principales rasgos fisiográficos y tectónicos de la Cuenca Austral, adaptado de Wilson, 1983.....	17
Fig 7-Evolución tectónica esquemática del sector sur de la Cuenca Austral desde el Jurásico al Cretácico.....	19
Fig 8-Evolución geotectónica esquemática de la Cuenca Austral durante el Cretácico, nótese la denominación de cuenca de retroarco propuesta por estos autores para la cuenca marginal cretácica inferior.....	23
Cuadro 1-Cuadro estratigráfico del Cretácico superior en las áreas de Lago Argentino, Cerro Cazador y Río Turbio.....	26
Cuadro 2-Cuadro estratigráfico del Cretácico superior y Terciario inferior en las áreas de Lago Argentino, Cerro Cazador y Río Turbio; y para las unidades del subsuelo.....	28
Fig 9-Depósitos de frente deltaico en las "Barrancas de la Anita", margen sur del Lago Argentino (Miembro Cachorro, secciones 2 y 3).....	31

Fig 10-Afloramientos del Miembro Cachorro (Fm La Anita) en la sección 3.....	31
Fig 11-Block diagrama que muestra las facies de frente deltaico del Miembro Cachorro (Fm La Anita). Compárese con la Fig 9.....	32
Fig 12-Conglomerados y areniscas del Miembro La Irene (Fm La Anita, sección 3).....	34
Fig 13-Trazas fósiles del Miembro Cachorro (Fm La Anita, sección 3)..	34
Fig 14-Contacto entre las formaciones La Anita y Calafate en el Cerro Calafate (sección 1), evidente por los colores contrastantes...	39
Fig 15-Moluscos fósiles en el techo de la Fm Calafate (sección 1)....	39
Cuadro 3-Cuadro estratigráfico argentino-chileno para el área del Cerro Cazador y Río Turbio.....	44
Fig 16-Vista panorámica de la Fm Cerro Cazador en la sección 5.....	44
Fig 17-Areniscas laminadas y con estratificación entrecruzada en la Fm Cerro Cazador (sección 6).....	47
Fig 18-Paleocorrientes de la Fm Cerro Cazador en la sección 5.....	49
Fig 19-Mapa de ubicación de los perfiles estudiados en la región comprendida entre el Lago Argentino y la localidad de Río Turbio.	58.
Fig 20-Perfiles de las localidades de Ea Quién Sabe (A) y Arroyo Norte de las Bandurrias (B), con ubicación de las muestras pelíticas analizadas por difracción de rayos x y por geoquímica	59
Fig 21-Perfiles en las localidades de Río Guillermo (C), Arroyo Oro (D) y Río Turbio (E), con la ubicación de las muestras pelíticas analizadas químicamente y por difracción de rayos X.....	60
Cuadro 4-Resultados del análisis difractométrico de las arcillas en cada muestra (montmorillonita, clorita, interestratificado illita-montmorillonita, illita, caolinita, ceolita, cuarzo+feldespato y totales).....	61

Fig 22-Difractogramas de la argilofacies illita-caolinita en la Fm La Anita (perfil 2).....	65
Fig 23-Difractogramas de la argilofacies esmectita-ceolita en la Fm Cerro Cazador (perfil 5).....	66
Fig 24-Argilofacies illita-caolinita. Abundancias relativas de los argilominerales la sección de la Estancia La Anita (perfil 2)...	68
Fig 25-Argilofacies esmectita-ceolita. Abundancias relativas de los argilominerales en la sección Arroyo Oro (perfil D),	68
Cuadro 5-Picos difractométricos principales para muestras normales, glicoladas y calcinadas.....	71
Fig 26-Triángulo preliminar de clasificación de rocas generadoras de arcillas.....	71
Fig 27-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Calafate y La Anita.....	73
Fig 28-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Cerro Dorotea y Cerro Cazador.....	74
Fig 29-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Centinela y Río Leona.....	75
Fig 30-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Río Guillermo y Arroyo Oro, y Río Turbio.....	76
Fig 31-Diagrama de flujo de los factores condicionantes en el análisis de las modas detríticas en areniscas.....	79
Fig 32-Arenisca del Miembro Cachorro-Fm La Anita-con altos porcentajes de cuarzo subangular (muestra a11, sección 3, 2.5 x).....	92
Fig 33-Cuarzo monocristalino y policristalino en areniscas del Miembro Cachorro, Fm La Anita.....	92
Fig 34-Fragmentos líticos andesíticos y cuarzo monocristalino en	

arenisca de la Fm Calafate (muestra c6, sección 1, 2.5 x).....	94
Fig 35-Fragmentos líticos volcánicos rodeados de granos de cuarzo subangular de la Fm Calafate (muestra c5, sección 1, 2.5 x)...	94
Fig 36-Plagioclasa subangular, cuarzo monocristalino y líticos volcánicos en la Fm Cerro Cazador (muestra e4, sección 5, 2.5 x).....	95
Fig 37-Fragmentos líticos andesíticos típicos, con tablillas de plagioclasa en matriz microcristalina de la Fm Cerro Cazador (muestra e7, sección 5, 2.5 x).....	95
Fig 38-Clasificación de areniscas. Grado de madurez y porosidad.....	97
Fig 39-Incremento relativo de fragmentos volcánicos en las secciones relevadas, de norte a sur.....	99
Fig 40-Incremento relativo de feldespato de potasio en las secciones relevadas, de norte a sur.....	100
Fig 41-Secuencia de triángulos cuarzo-feldespato-líticos (Q-F-R) de norte a sur.....	102
Fig 42-Secuencia de triángulos cuarzo policristalino-fragmentos volcánicos-fragmentos sedimentarios (QP-FV-FS) de norte a sur.....	104
Fig 43-Secuencia de triángulos cuarzo monocristalino-plagioclasa-feldespato de potasio (QM-P-FK) de norte a sur.....	105
Fig 44-Secuencia de triángulos Q-F-R, QP-FV-FS y QM-P-FK para la Fm Cerro Dorotea en las secciones 5, 9 y 6.....	106
Fig 45-Diagramas QFR, (R:líticos totales), Qp-Fv-Fs y Qm-P-Fk para la Fm Río Turbio, según los modelos de Dickinson et al., 1979, 1983 Yerino y Maynard, 1984, Ingersoll y Suczek, 1979.....	108
Fig 46-Triángulos QFL, QP-FV-FS y Qm-P-FK para la Fm Tres Pasos y triángulo QFL obtenido por Smith (1977) para la misma unidad.....	109
Fig 47-Resumen de los resultados petrográficos: tendencias y	

distribución de las petrofacies en tiempo y espacio.....	111
Fig 48-Evolución y tendencias de las modas detríticas de las Formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio en el diagrama QFR.....	112
Fig 49-Esquema general de análisis químico de areniscas y pelitas según Merodio J.C. y Martínez J.M. (1985).....	115
Fig 50-Representación gráfica de las muestras analizadas y sus relaciones con los campos composicionales de las pelitas, areniscas y rocas ígneas (Garrels y Mackensie, 1971).....	117
Fig 51-Relaciones de los contenidos de K ₂ O y SiO ₂ en las muestras de la Fm La Anita versus las de las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo.....	119
Fig 52- Relación K ₂ O/Na ₂ O en arcosas y grauvacas (Pettijohn, 1963) y en areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio.....	120
Fig 53-Triángulo de composición CaO-Na ₂ O-K ₂ O para las rocas ígneas (Bhatia, 1983) y ubicación de las muestras de areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio.....	122
Fig 54-Diagramas de variación de Harker para los elementos mayoritarios de las areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio.....	123
Fig 55-Triángulo de composición Na ₂ O+K ₂ O+CaO-FeO+MgO-Al ₂ O ₃ para pelitas (Englund y Jorgensen, 1973) con ubicación de la composición normativa y de pelitas promedio (Merodio y Spalletti, 1988) y las pelitas de las formaciones La Anita, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo.....	125
Fig 56-Diagrama de discriminación tectónica K ₂ O/Na ₂ O vs. SiO ₂ para	

areniscas y pelitas (base anhidra) (Roser y Korsch, 1986) con la
ubicación de las muestras de las formaciones La Anita, Calafate
y Cerro Cazador.....128

Fig 57-Diagrama de discriminación tectónica K_2O/Na_2O vs. SiO_2 para
areniscas y pelitas (base anhidra) (Roser y Korsch, 1986) con la
ubicación de las muestras de las formaciones Centinela, Río Leona,
Río Guillermo y Río Turbio.....130

Fig 58-Diagrama de discriminación tectónica SiO_2/Al_2O_3 vs. K_2O/Na_2O para
areniscas y pelitas (base anhidra) (adaptado de Roser y Korsch,
1986) con la ubicación de las muestras de las formaciones La Anita,
Calafate y Cerro Cazador.....132

Fig 59-Diagrama de discriminación tectónica SiO_2/Al_2O_3 vs. K_2O/Na_2O para
areniscas y pelitas (base anhidra) (adaptado de Roser y Korsch,
1986) con la ubicación de las muestras de las formaciones
Centinela, Río Leona, Río Guillermo y Río Turbio.....133

Fig 60-Probables áreas de aporte para las petrofacies de las unidades
estudiadas.....137

Fig 61-Crecimiento esquemático del arco magmático sobre corteza
continental y evolución en el tiempo de la composición de las
areniscas en la cuenca de retroarco o antepaís austral.....140

Fig 62-Cambio del área de aporte y evolución paleogeográfica del área de
estudio.....143

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mis directores, Dres Luis Antonio Spalletti y Julio Cesar Merodio, por su valiosa guía, paciencia formadora y generosa actitud docente, sin las que no hubiera sido posible la realización de esta Tesis Doctoral.

Agradezco también muy especialmente, la valiosa ayuda prestada y sugerencias a los Doctores: Carlos E. Macellari, Alan Nairn, Robert Ehrlich y Claudio Barrio de la Universidad de Carolina del Sur (USA).

A Jorge Gebhard de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Ramón Carrizo de Yacimientos Carboníferos Fiscales y Norberto Malumán de la Dirección Nacional de Geología y Minería, quienes en distintas etapas de la ejecución de esta tesis, brindaron en forma generosa y desinteresada, no sólo apoyo e información sino su propia e invalorable experiencia.

Asimismo, hago extensivo mi agradecimiento al Director del Centro de Investigaciones Geológicas, Adrián Mario Iñiguez Rodriguez por su constante apoyo y a la totalidad de los investigadores, técnicos y becarios del mismo por haber brindado un excelente marco de discusión científica-académica que aportó muchas ideas esclarecedoras a esta investigación.

Este estudio fue realizado en una primera etapa con ayuda económica del National Science Foundation (USA) como parte del proyecto EAR-84-18145 para el estudio del Límite Cretácico-Terciario en Sud América y luego se continuó con subsidios y fondos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Becas de Perfeccionamiento y Formación Superior). Quiero finalmente dejar sentado mi reconocimiento a la Universidad Nacional de La Plata que me brindó primero, la posibilidad de aprender Geología, y luego, el privilegio de poder investigar en Sedimentología.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La Cuenca Austral o de Magallanes comprende gran parte del extremo austral de la Patagonia, entre los paralelos 47° y 55° de latitud sur y permanece aún como una de las cuencas sedimentarias argentinas menos exploradas, a pesar de la creciente prospección de hidrocarburos llevada a cabo en los últimos años.

Esta cuenca posee una forma triangular con la base hacia el sur (Fig 1) con un área aproximada de 250.000 km², tiene 700 km de largo por 400 km de ancho y su eje se dispone con un rumbo NO-SE. Limita al oeste y sur con la Cordillera Patagónica y el Cordón Fueguino, y al este con la Dorsal de Río Chico o Dungeness, que se conecta hacia el norte con el Macizo del Deseado.

El relleno sedimentario, que alcanza los 9000 metros de espesor, se relaciona con tres episodios principales de desarrollo de la cuenca:

a) Una etapa de Rift desde el Triásico al Jurásico medio con extrusión de rocas volcánicas y piroclásticas mesosilícicas a ácidas conocidas como la Serie Tobífera, que se vinculan con el evento de separación de las placas Sudamericana y Sudafricana y constituyen el basamento económico de la cuenca.

b) Una etapa de retroarco, donde unidades sedimentarias continentales y marinas jurásicas superiores a cretácicas inferiores fueron depositadas en una cuenca marginal que se ubicaba entre un arco magmático al oeste y un cratón relativamente estable hacia el este.

c) A partir del Cretácico superior, una etapa de deformación asociada con el cierre de la cuenca marginal, con el desarrollo de un cinturón plegado hacia el oeste y una cuenca de antepaís hacia el este. En ella se depositaron unidades sedimentarias marinas y continentales

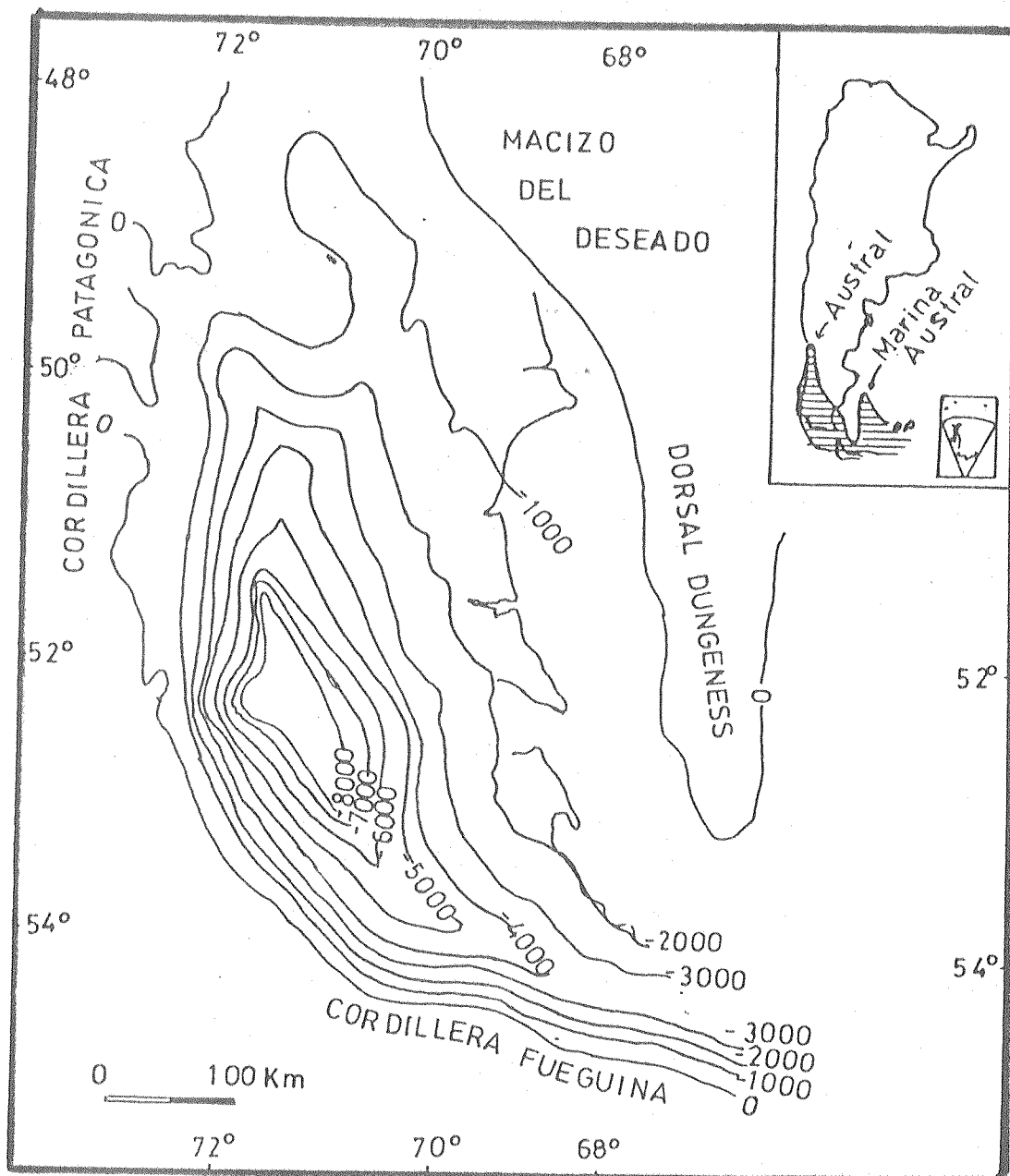


Fig 1-Ubicación relativa y mapa isopáquico de la Cuenca Austral Argentina, adaptado de Marinelli, 1982.

cretácicas superiores, terciarias y cuaternarias.

El objetivo de esta investigación es estudiar la sección cretácica superior y terciaria inferior, que es de naturaleza sedimentaria en su casi totalidad con algunas intercalaciones de intrusivos volcánicos. Estas capas afloran en el sector occidental de la cuenca (Fig 2) con un rumbo predominante N-S buzando hacia el este con un promedio de 14 grados. Presentan buenos afloramientos en el área del Lago Argentino y a lo largo del límite argentino-chileno (ver adjunto y Fig 2).

Este trabajo de tesis intenta reconstruir la historia y evolución sedimentaria de la cuenca a través del análisis de las asociaciones minerales presentes en las rocas silicoclásticas del límite cretácico-terciario cuyo interés es de alcance regional y mundial. Para dichos fines se ha empleado el análisis combinado de la petrografía y las modas detríticas de conglomerados y areniscas, la mineralogía de arcillas por difracción de rayos X y la geoquímica de elementos mayoritarios en areniscas y pelitas.

El análisis composicional de detalle e integrado resulta de gran importancia debido a que su variación en tiempo y espacio permite realizar inferencias acerca de la evolución tectosedimentaria, paleogeografía y caracterización de las áreas de aporte durante estos períodos geológicos.

Con el empleo de esta metodología exhaustiva y novedosa, se cuantifica la cantidad de material derivado del cratón o áreas estables y el de la cordillera emergente en una región geológica estratégica.

La secuencia cretácico-terciaria presenta gran interés económico puesto que a pesar de que los reservorios en la cuenca están en su mayoría restringidos a la Formación Springhill (Cretácico inferior) en

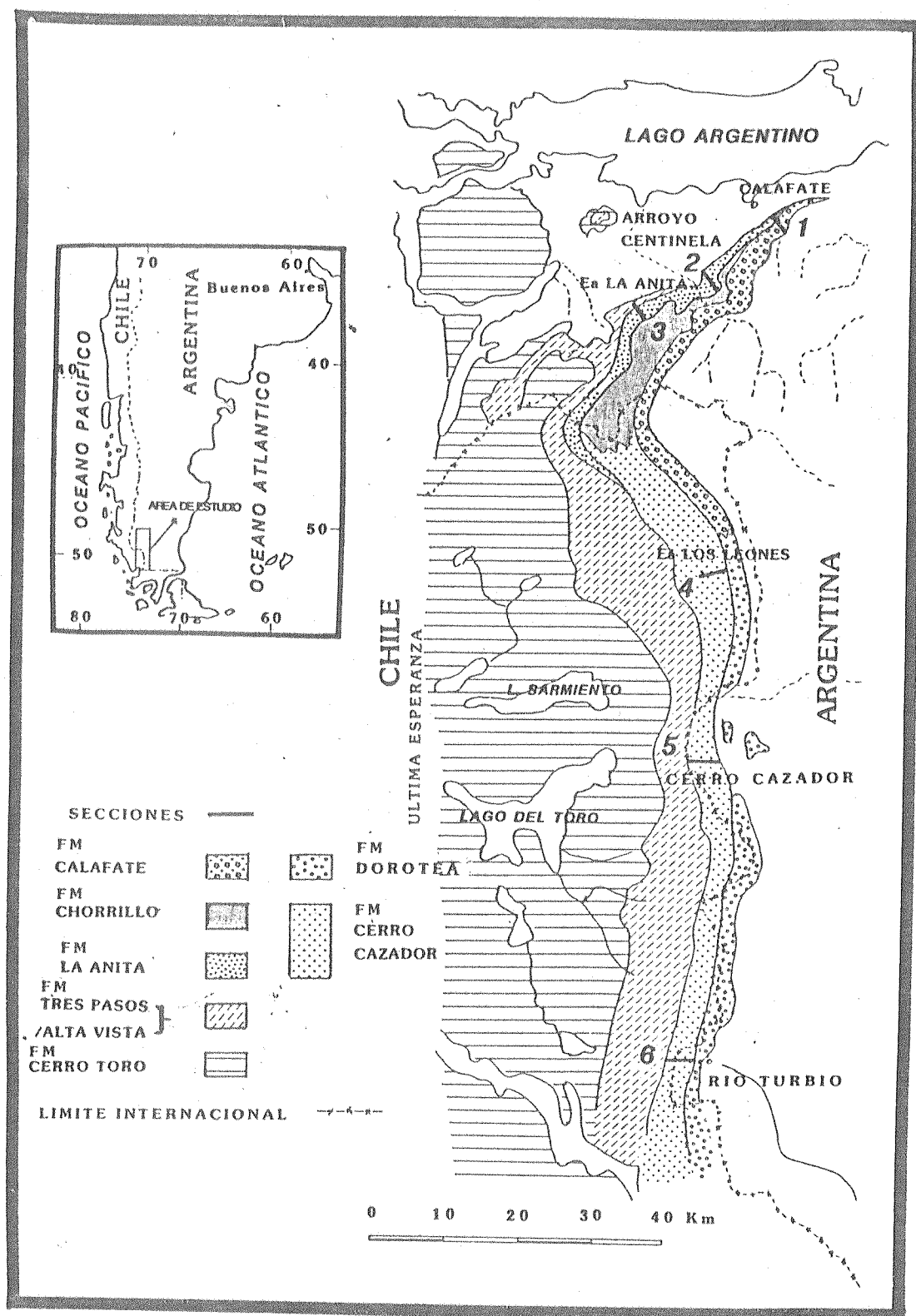


Fig 2.-Mapa Geológico del sector sur del Lago Argentino que muestra la posición relativa de las secciones relevadas.

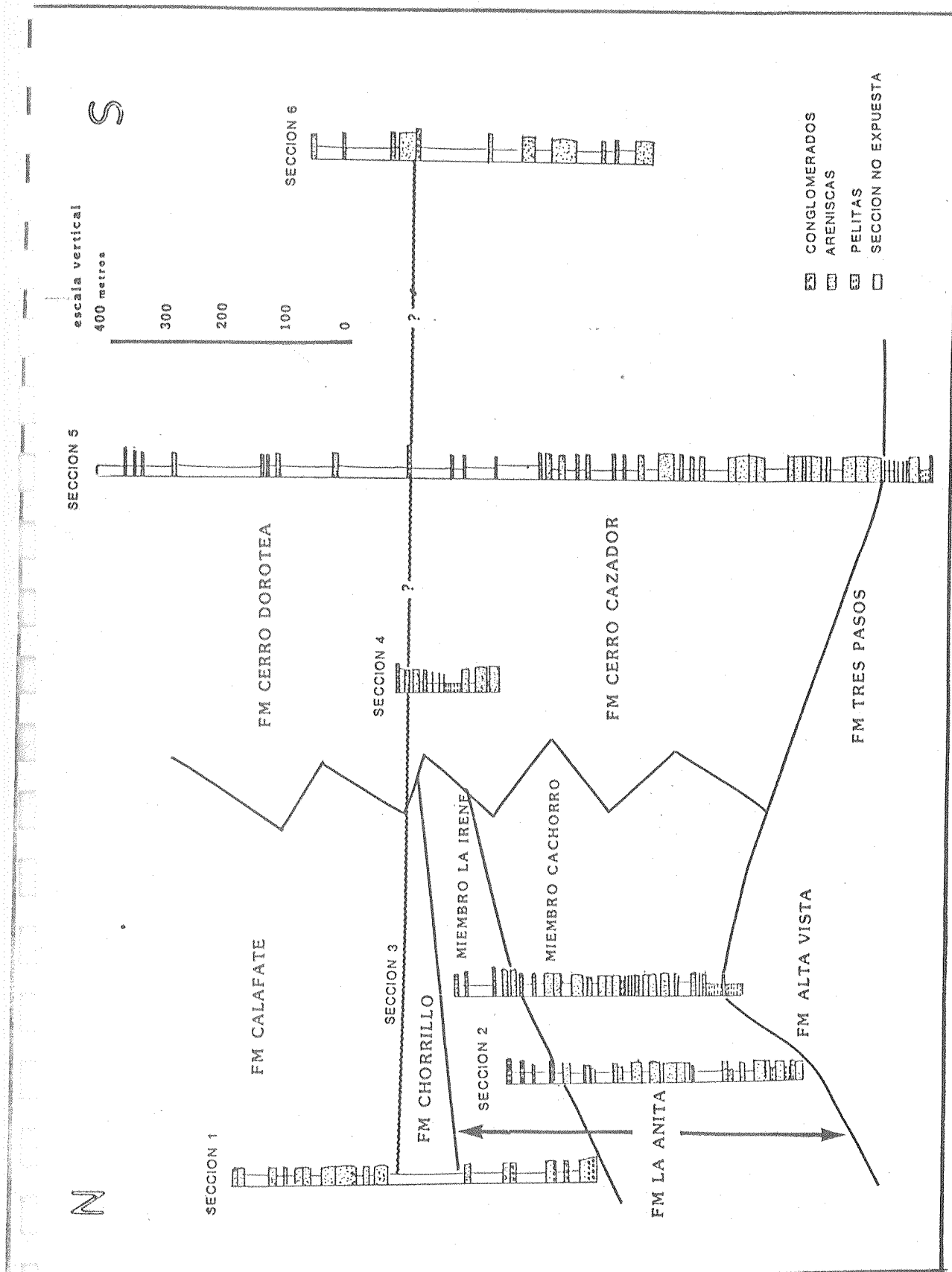


Fig 3-Correlación de las secciones relevadas a lo largo del margen occidental de la Cuenca Austral.

el borde oriental de la cuenca, ya se cuenta con evidencias de petróleo en los sedimentos terciarios aquí estudiados. El potencial de reservorio de estas rocas ha sido evaluado en este trabajo mediante la estimación de porosidades en corte delgado, las tendencias en las columnas estratigráficas y las relaciones con las petrofacies reconocidas.

El Terciario de Cuenca Austral es también económicamente importante por sus reservas de carbón, de modo que resulta interesante encontrar relaciones entre la composición de las rocas sedimentarias y dichos yacimientos. Para ello se ha estudiado la petrografía y la procedencia de las areniscas intercaladas en los principales mantos productivos, arribando a conclusiones con implicancias económicas de prospección.

Metodología

El objetivo de este trabajo es determinar la composición y procedencia de los sedimentos cretácicos superiores y terciarios inferiores teniendo en cuenta sus ambientes de depositación y la historia geológica de la cuenca. Para ello se han realizado: a) trabajos de campo, b) trabajos de gabinete y laboratorio.

a) El trabajo de campo fue llevado a cabo en dos temporadas de verano (1986-1987) y 6 secciones fueron relevadas y estudiadas a lo largo del borde occidental de la cuenca (adjunto y Figs 2 y 3), en la provincia de Santa Cruz. Si bien no existe una exposición continua de afloramientos dentro del territorio argentino, como se aprecia en la Fig 2, se pueden reconocer dos áreas principales que pueden ser contrastadas por sus diferencias litofaciales:

1) Sector sur del Lago Argentino, ubicado en el sector centrooccidental de la provincia de Santa Cruz, donde fue estudiado un cordón de afloramientos de rumbo NE-SO conocido como las Barrancas de La Anita.

2) Areas de Cerro Cazador y Río Turbio. El área de Cerro Cazador comprende a los afloramientos ubicados a lo largo del límite argentino-chileno en el cordón montañoso homónimo; el área del Río Turbio ubicada hacia el sur, incluye a las capas que afloran desde el codo del Río Guillermo al norte hasta la localidad de El Turbio al sur (Fig 4).

b) Las tareas de gabinete y laboratorio fueron realizadas tanto en forma previa como posteriormente a las tareas de campo, y comprenden:

1) Confección de un mapa geológico integrado para las dos áreas de estudio. La selección de las secciones de campo fue hecha en base a fotointerpretación (fotos aéreas a escalas 1:20000 y 1:60000).

2) Las secciones medidas fueron descriptas con particular énfasis en el reconocimiento de las facies y su distribución regional. Se registraron las estructuras sedimentarias y se coleccionaron fósiles. Se trató también de ubicar horizontes guía que dieran un marco regional de correlación.

3) Las secuencias fueron divididas en unidades, tomando en consideración la estratigrafía de la cuenca y la evolución de los paleoambientes de depositación.

4) Para la determinación de la composición de las areniscas muestreadas, se estudiaron 137 rocas en corte delgado con un conteo de 400 puntos por muestra, reconociendo los constituyentes mineralógicos principales y obteniendo los porcentajes de matriz, porosidad y el tamaño de grano para cada caso. Estos datos se representaron en diagramas de variación vertical de la composición y en diagramas triangulares, siguiendo los modelos de Dickinson et al. (1979, 1983).

5) Para complementar la información provista por el análisis modal

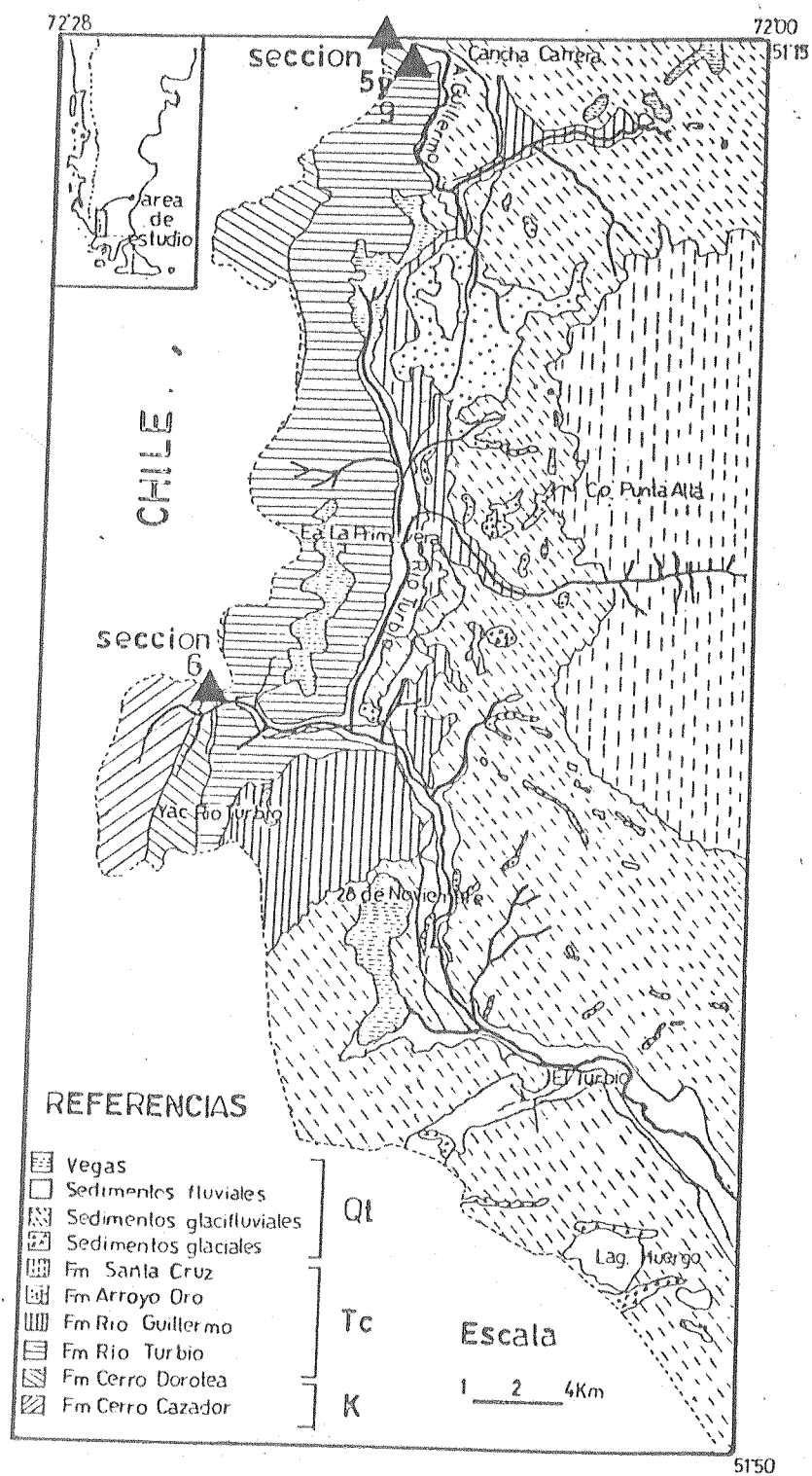


Fig 4 - Mapa Geológico del sector sur de la localidad de Cancha Carrera que muestra la posición relativa de las secciones relevadas.

de las areniscas, 47 muestras pelíticas intercaladas en la secuencias fueron analizadas por difracción de rayos X para determinar el tipo y abundancia relativa de argilominerales presentes. Cada muestra fue analizada con preparación normal, glicolada, y calcinada. En 12 de las mismas se realizó, además, tratamiento ácido.

Toda esta información se volcó en diagramas de variación vertical o logs y en diagramas composicionales ternarios, propuestos en este estudio para determinar probables rocas generadoras de pelitas.

6) Se analizaron 28 muestras seleccionadas de areniscas y pelitas para determinar la geoquímica de elementos mayoritarios: SiO_2 fue determinado por absorciometría molecular, previo ataque de las muestras con HF en sistema cerrado (Bombas Parr); Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O y Fe_2O_3 total, por espectrometría de absorción atómica. El H_2O^+ y H_2O^- (agua de constitución y agua higroscópica) fueron determinadas por gravimetría.

También en este caso, los datos obtenidos fueron volcados en distintos diagramas binarios y ternarios de composición, propuestos por otros autores para determinar la procedencia y los ambientes tectónicos de sedimentación a partir de parámetros químicos.

CAPITULO II

MARCO GEOLOGICO Y GEOTECTONICO

Se presenta a continuación una síntesis de la geología regional y la evolución geotectónica de la Cuenca Austral para comprender las variaciones composicionales y los cambios de las áreas de aporte registradas en los sedimentos en estudio.

MARCO GEOLOGICO

Andes Patagónicos Australes

La geología regional de la Cordillera Patagónica Austral de Argentina y Chile ha sido descripta en detalle por varios investigadores, entre los que se cuentan Zambrano et al. (1970), Urien y Zambrano (1973), Riccardi y Rolleri (1980), Ramos et al. (1982), Allen (1982), Dyarzum (1985) y Aguirre (1985) entre otros. Esta región, se extiende desde el Lago Nahuel Huapi (41 L.S.) hasta el Estrecho de Magallanes (53 L.S.) y hacia el sur se prolonga en la Cordillera Fueguina. Tiene una orientación N-S y a la latitud del Lago Argentino posee un ancho de 60 Km y una altura promedio de 2500 metros.

La Cordillera Patagónica Austral constituye una unidad integrada mayormente por un núcleo de rocas paleozoicas, al que se superponen rocas volcánicas, sedimentarias y metasedimentarias de edades jurásicas, cretácicas y terciarias. En conjunto se halla intruido por cuerpos ígneos de edades mesozoicas y cenozoicas (véase figura 5).

Hacia el oeste, el Archipiélago Patagónico representa otra unidad morfoestructural positiva constituida por rocas metasedimentarias paleozoicas intruidas por granitos mesozoicos y cenozoicos.

Las unidades geológicas de la Cordillera Patagónica Austral pueden describirse en términos cronológicos de la siguiente forma:

Paleozoico. En la Cordillera y Archipiélago Patagónicos, al sur del

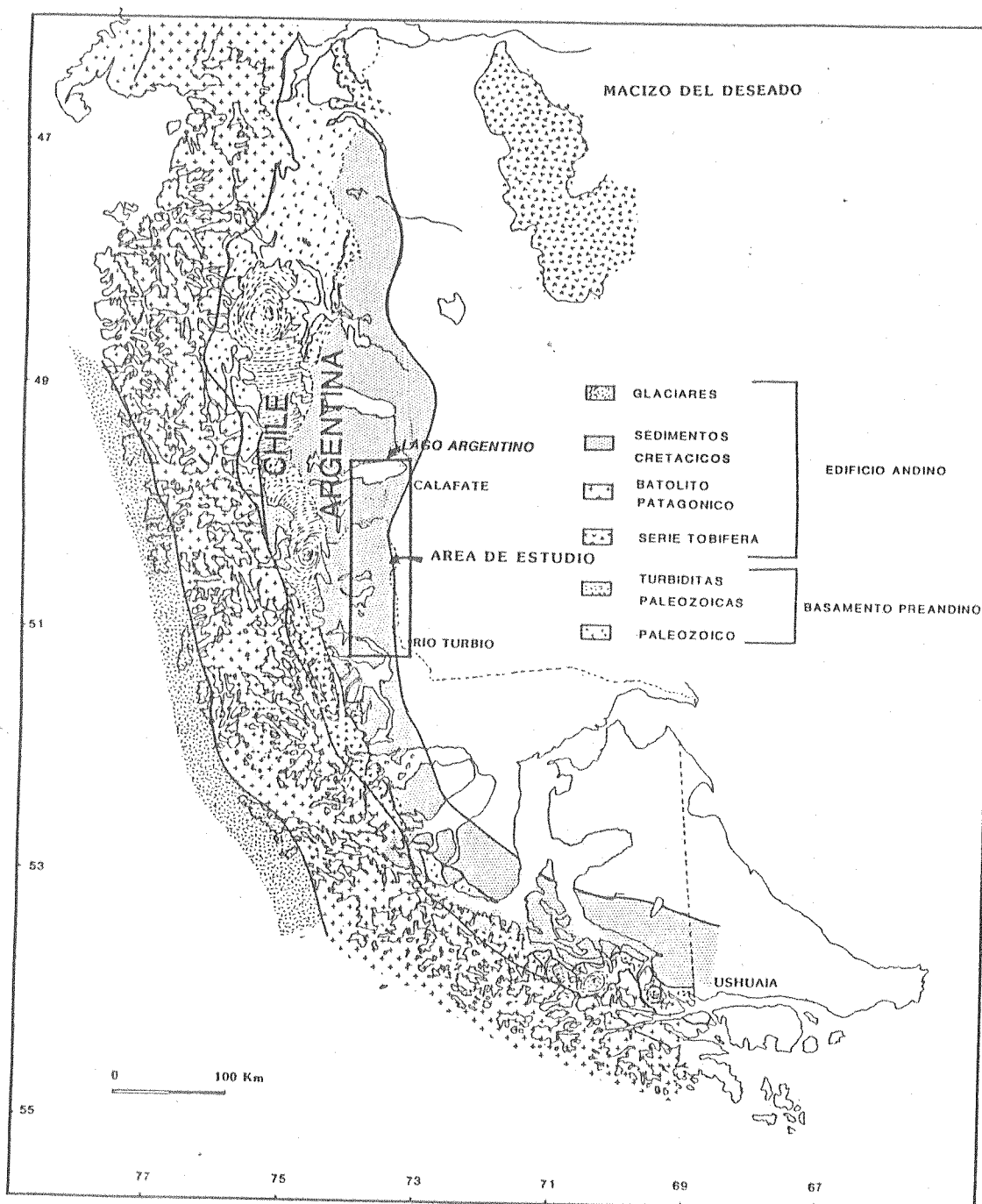


Fig 5- Mapa geológico regional de la Patagonia y Cordillera Austral con la ubicación del área de estudio, (adaptado de Aguirre 1985).

paralelo 44, las unidades más antiguas están constituidas por rocas de origen sedimentario (conglomerados, areniscas y pelitas) y vulcanitas basálticas y riolíticas que han sido sometidas -en conjunto- a metamorfismo de grado variable, aunque, generalmente dentro de las facies de esquistos verdes. Sin embargo, se encuentran también metamorfitas de mayor grado como cuarcitas, esquistos, gneises y anfibolitas.

Devónico-Carbónico. En el sector argentino de la Cordillera Patagónica Austral, la sucesión estratigráfica comienza con un conjunto sedimentario de aproximadamente 1000 metros de espesor, que ha sido afectado por un metamorfismo de bajo grado. Este conjunto es denominado "Esquistos" o Formación del Río Lácteo y correlacionable con unidades como los "Esquistos" de Esquel, los del Río Pescado o la Formación Lapataia (Riccardi y Rolleri, 1980).

Jurásico. Por encima de la Formación Río Lácteo se dispone un complejo de rocas volcánicas y volcanoclásticas mesosilíceas a ácidas denominado Complejo El Quemado o "Serie Tobífera". Este complejo, que aflora casi sin interrupción a lo largo de toda la Cordillera Patagónica, está vinculado con una etapa de extensión regional debida a la separación de las placas sudamericana y sudafricana. Se compone de andesitas, dacitas, riolitas, tobas y aglomerados volcánicos.

Por encima de la "Serie Tobífera", se disponen en discordancia arenitas cuarzosas gruesas, continentales y marinas que constituyen el principal reservorio de la cuenca y que se conocen como Formación Springhill. Esta unidad abarca desde el Titoniano al Berriasiano.

Cabe destacar que entre las rocas magmáticas encontramos a las del Batolito Patagónico (Figs 5 y 6) que comprende a granitoides jurásicos,

cretácicos y terciarios alineados en un cinturón angosto (40-100 km de ancho por 1500 km de largo) a lo largo del eje de los Andes Patagónicos. Este batolito está compuesto por granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas.

Cretácico. En la cuenca existe una importante sucesión sedimentaria silicoclástica marina y continental, de desarrollo y litología variables, que abarca a todo el Cretácico. La misma está bien representada en toda su potencia al sur del Lago Argentino, mientras que hacia el norte, su espesor se reduce a medida que comienzan a predominar las facies continentales.

Las unidades basales de la secuencia cretácica son pelitas marinas profundas y sedimentos turbidíticos sobre las que progradan facies marinas litorales. Comprenden a las Formaciones Río Mayer, Piedra Clavada, Mata Amarilla, Cerro Toro, La Anita, Chorrillo, Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea, entre otras.

Terciario. Sobre las rocas psámíticas litorales del Maastrichtiano-Paleoceno de las formaciones Calafate y Cerro Dorotea, se disponen las sedimentitas silicoclásticas continentales y marinas de las formaciones Río Leona, Centinela, Río Turbio, Río Guillermo y Santa Cruz que, junto a las unidades cretácicas superiores mencionadas anteriormente, son analizadas en detalle en la presente tesis.

Cuaternario. Por encima de las unidades descriptas, se disponen sedimentos plio-pleistocenos intercalados con coladas de basalto y cubiertos por los denominados Rodados Patagónicos.

Macizo del Deseado

El Macizo del Deseado (Figs 5 y 6), ubicado hacia el noreste del área estudiada, puede ser incluido como una probable fuente de aporte

para la cuenca. Harrington (1962) lo consideró un nesocratón, pues es un área persistente subpositiva, estable e indeformable tangencialmente, su comportamiento ha sido pasivo y rígido en contraste con las subsidencias marcadas en la Cuenca del Golfo San Jorge y Cuenca Austral ubicadas al norte y sudoeste respectivamente.

Estructuralmente el Macizo del Deseado es una extensa antecclisa de extensión regional dentro de la Patagonia Exrandina, con un basamento paleozoico inferior compuesto por rocas metamórficas, cuarzosas y micáceas, seguidas por rocas eruptivas y cubiertas en discordancia por sedimentos carbónicos y triásicos (De Giusto et al., 1980). La actividad magmática representada por cuerpos intrusivos y extrusivos, puede ser datada como triásica superior o jurásica, con intercalaciones sedimentarias. Dentro de las unidades volcánicas, la unidad de mayor extensión aflorante es el Grupo Bahía Laura (Dogger-Malm) compuesto por riolitas y andesitas. Estas rocas son equivalentes a las de la "Serie Tobífera" en la Cuenca Austral.

Las unidades estratigráficas del Macizo son consideradas dentro de los siguientes términos:

Eopaleozoico. Representado por el basamento metamórfico de grado bajo, pero de naturaleza regional, está compuesto por filitas y esquistos cuarzo micáceos, cuarcitas, gneises y anfibolitas que en el área de las Estancias La Josefina y La Modesta toman el nombre de Fm La Modesta.

Pérmico. Integrado por las formaciones La Golondrina y La Juanita que afloran en el Bajo de La Leona y en la Estancia La Juanita; la primera está compuesta por arcosas, conglomerados e intercalaciones lutíticas con flora de Glossopteris; la segunda apoya concordantemente sobre ésta y comprende a una sucesión monótona de areniscas cuarzosas y

ortoconglomerados oligomícticos depositados en un ambiente continental.

Triásico. Integrado por la formaciones El Tranquilo y La Leona. La primera está compuesta por un conjunto de areniscas y pelitas con abundantes restos florísticos depositados en un ambiente continental, de llanura aluvial, en la zonas de las estancias El Tranquilo y La Juanita. Esta unidad ha sido dividida en dos miembros, uno inferior de 800 metros de espesor con wackes gris amarillentos, pelitas verdes y filones capa diabásicos; y un miembro superior de 400 metros de espesor compuesto por fangolitas micáceas, areniscas y conglomerados de colores pardo rojizos que contienen una flora de *Dicroidium*.

La Fm La Leona está compuesta por cuerpos plutónicos graníticos, granodioríticos y tonalíticos del Triásico superior que intruyen a la Fm El Tranquilo.

Jurásico. Se inicia con la Fm Roca Blanca del Liásico medio a superior, compuesta por 1200 metros de sedimentitas epiclásticas y piroclásticas que son coronadas por un episodio basáltico afanítico y de aglomerados volcánicos andesíticos del Dogger que toman el nombre de Fm Bajo Pobre.

En el transcurso del Jurásico medio y superior, gran parte del extremo meridional de Sudamérica fue afectado por un episodio volcánico (Grupo Bahía Laura) de proporciones mayores que marca la culminación de un evento de deformación tensional que se inició en el Triásico medio a Jurásico inferior con el desmembramiento de Gondwana. Estas rocas volcánicas, se asocian a una serie de depresiones tectónicas de orientación norte-noroeste (Uliana et al., 1985), y al sur del Río Deseado se denominan Grupo Bahía Laura .

Este grupo se halla dividido en varias unidades que representan

variaciones regionales del mismo pulso volcánico (Feruglio, 1949); así tenemos, por ejemplo, a la Fm Chon Aike compuesta por pórfidos riolíticos, riolitas y andesitas expuestos en la costa atlántica desde el Río Deseado hasta el Gran Bajo San Julián; a la Fm Los Pirineos, compuesta por ignimbritas y tobas finas aflorantes al oeste del meridiano 68°30' en el ámbito del Macizo del Deseado; y a la Fm La Matilde compuesta por tobas ácidas, vulcanitas asociadas y pelitas con restos florísticos que aparecen típicamente en la estancia homónima, ubicada 25 Km al OSO de Bahía Laura, en la Provincia de Santa Cruz.

Cretácico. Integrado por las formaciones Bajo Grande y Baqueró aflorantes en el Bajo Grande. La primera comprende a una sucesión de conglomerados, areniscas y tobas que apoyan en discordancia sobre el Grupo Bahía Laura; la segunda está compuesta por tobas cineríticas, conglomerados y pelitas con restos paleoflorísticos del Barremiano y Aptiano.

Terciario integrado por las formaciones Salamanca, Río Chico, Sarmiento, Patagonia y Santa Cruz compuestas esencialmente por material siliciclástico, en gran parte volcaniciclástico, acumulado en ambientes marinos de plataforma, transicionales o litorales, y netamente continentales. en muchos sitios del Macizo, estas unidades se asocian con efusiones basálticas.

Marco geotectónico

La Cuenca Austral yace en el margen sur de la placa sudamericana, se asienta sobre una corteza continental de edad paleozoica (Biddle et al., 1987) y se encuentra delimitada por un cinturón orógeno plegado al oeste, la dorsal de Dungeness al este y el Macizo del Deseado al norte (Fig 6).

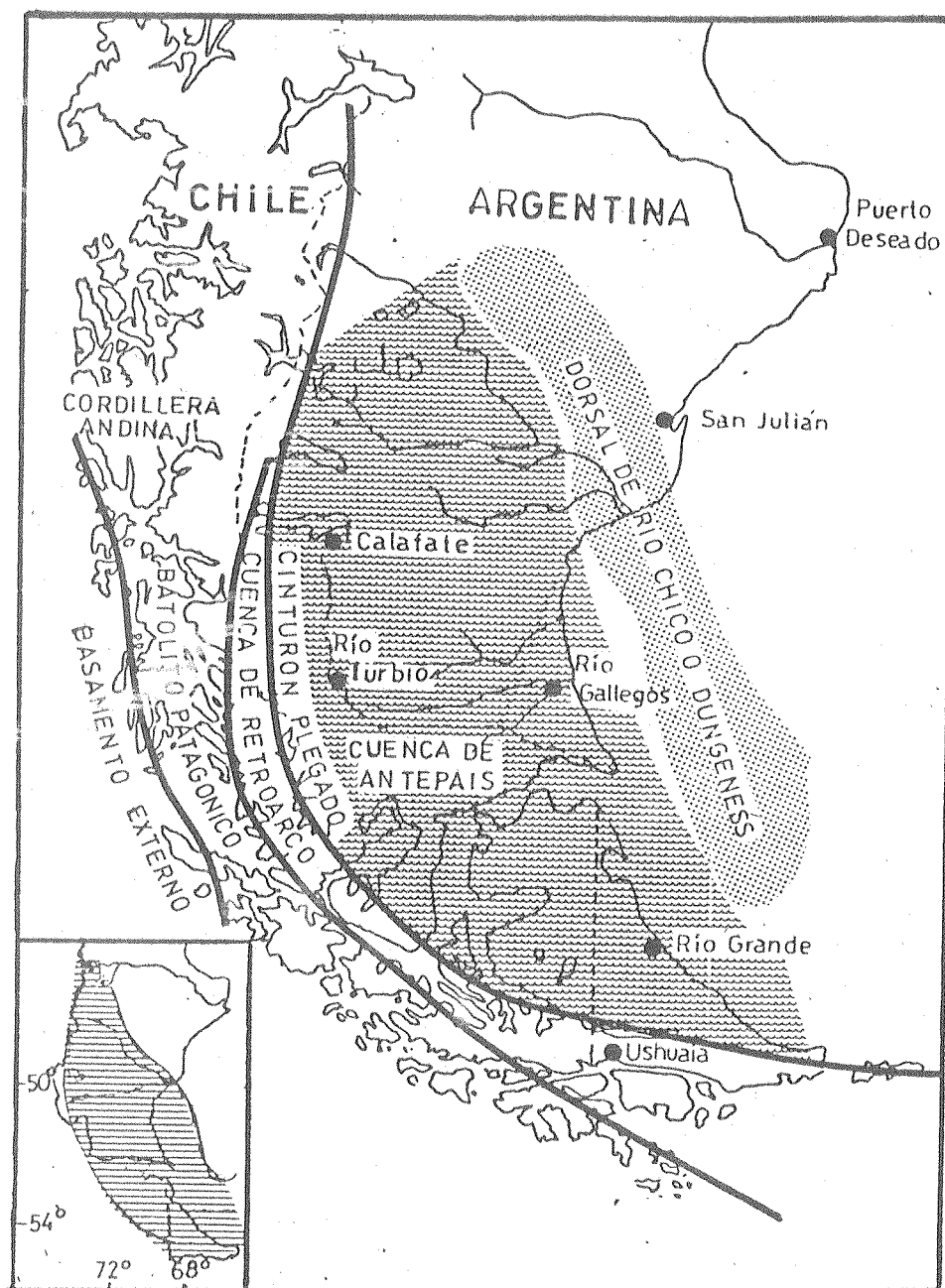


Fig 6-Principales rasgos fisiográficos y tectónicos de la Cuenca Austral, adaptado de Wilson, 1983.

El basamento paleozoico aflora a lo largo de los márgenes de la cuenca, tanto en áreas restringidas del occidente del Macizo del Deseado como en un cinturón discontinuo a lo largo de los Andes Patagónicos y la costa chilena.

La cuenca ha estado activa desde el Jurásico al Terciario (Fig 7) y el relleno volcánico, volcanoclástico y sedimentario fue controlado por un proceso de formación de arcos de isla, cuencas de antearco y trasarco, y cuencas de antepaís desarrollados sobre corteza siálica. Inicialmente se liga a una tectónica de extensión producto de la separación de Africa y Sud América para luego evolucionar en forma paralela al orógeno andino.

Winslow (1981), Forsythe (1982), Biddle et al. (1987) y Arbe (1987) han dado una síntesis detallada de la evolución geotectónica de la cuenca, que aquí se divide en cuatro fases o estadios:

- 1) Extensión y vulcanismo en una cuenca de trasarco durante el Jurásico medio y superior (Figs 7A y 7B).
- 2) Fase sedimentaria con colmatación de la cuenca de trasarco durante el Cretácico inferior (Fig 7C).
- 3) Cierre de la cuenca de trasarco y formación de un cinturón orogénico y de una cuenca de antepaís hacia el este del arco magmático inactivo durante el Cretácico inferior alto, con el posterior desplazamiento de los depocentros de sedimentación hacia el SE durante el Cretácico superior (Fig 7D).
- 4) Deformación de la cuenca de antepaís durante el Terciario inferior, y erosión del arco magmático y su raíz granítica, continuación del progresivo desplazamiento de los depocentros de la cuenca hacia el este (Fig 7E).

La historia inicial de la cuenca se relaciona con la extensión y

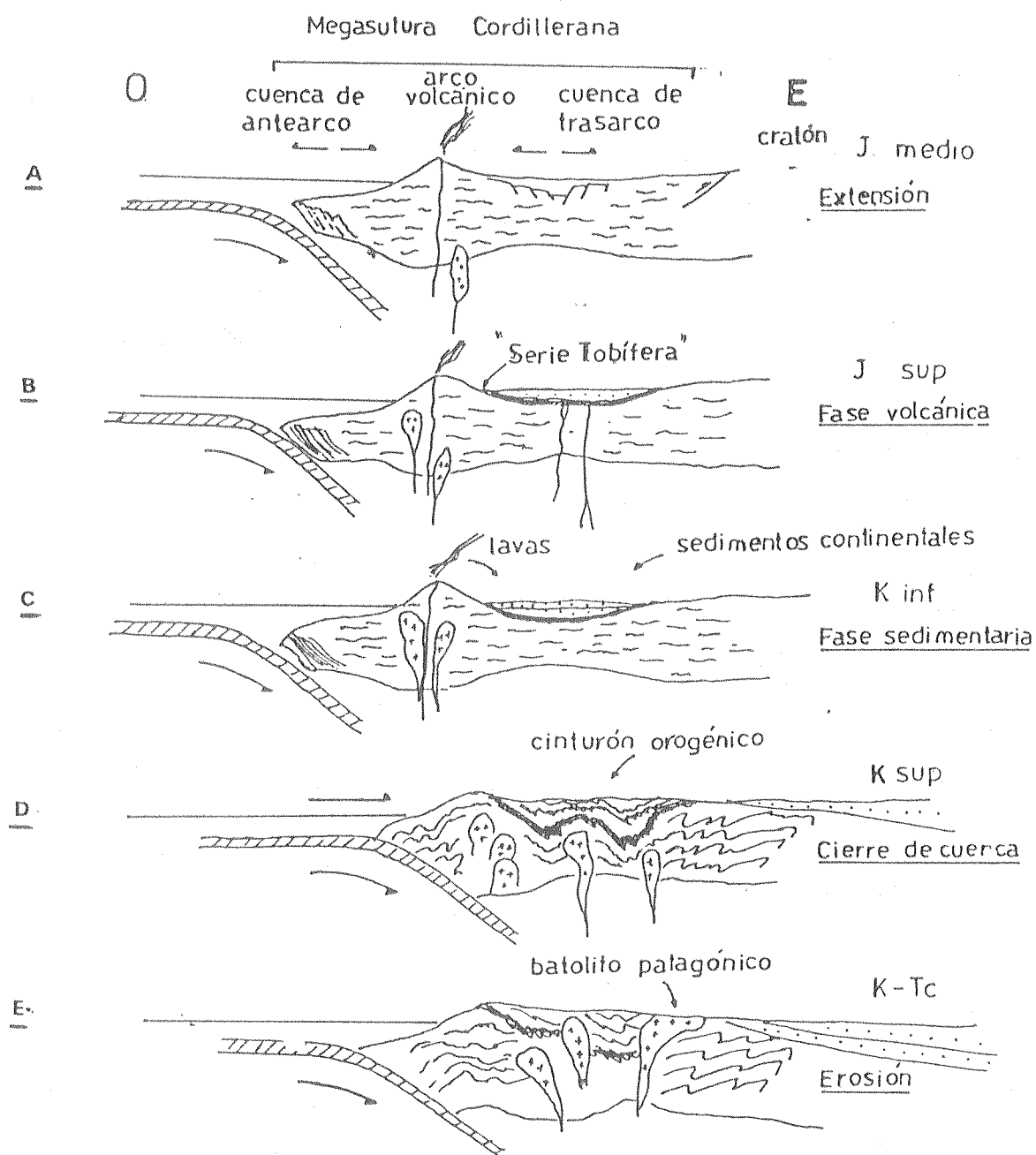


Fig 7-Evolución tectónica esquemática del sector sur de la Cuenca Austral desde el Jurásico al Cretácico.

"rifting" de Sudamérica y Sudáfrica. Las rocas volcánicas ácidas de la "Serie Tobífera" fueron el resultado de este fenómeno de "rifting" y forman en la actualidad, el basamento económico de la cuenca.

Luego del episodio volcánico Jurásico, empezó un extenso ciclo de sedimentación marina con la depositación de las areniscas cuarzosas de la Fm Springhill, con un miembro inferior continental y uno superior marino depositados en las depresiones de la Serie Tobífera durante el Titoniano-Berriasiano.

Posteriormente, sedimentos del Cretácico inferior fueron depositados hacia el oeste y sudoeste del cratón, en una cuenca de trasarco que se abrió entre el arco magmático al oeste y el continente al este, en condiciones de depositación de plataforma (Katz, 1963; Dalziel et al., 1974; Dalziel, 1981; Riccardi y Rolleri, 1980) (Fig 7C).

Esta cuenca de trasarco se cerró durante el Albiano-Cenomaniano debido al levantamiento y plegamiento que formó los "Paleoandes" hacia el oeste y el sur (Cecioni, 1957; Dalziel et al., 1974; Winslow, 1980) (Fig 7D). Desde entonces, la historia de la Cuenca Austral, ha sido la de una cuenca de antepaís al este de la cadena andina.

A partir del Cenomaniano, sedimentos turbidíticos de las formaciones Cerro Toro, Tres Pasos y Alta Vista fueron depositados en el sector adyacente a los terrenos sobreelevados (Feruglio, 1949; Katz, 1963; Riccardi y Rolleri, 1980, Winslow, 1980 y Arbe et al., 1984) (Fig 7E). Posteriormente, en el sector norte de la cuenca se produjo la progradación de sedimentos marinos someros y continentales, pues a medida que la cuenca se fue colmatando las facies marinas se fueron desplazando hacia el sur. Estos sedimentos, que fueron deformados por la orogenia andina durante el Terciario, son estudiados en la presente

tesis.

Vale destacar que en un estudio reciente, Arbe (1987) distingue dos fases sedimentarias importantes en la evolución de la cuenca: una primera etapa de apertura asociada al "subciclo Springhill", y una segunda etapa de relleno de cuenca asociada a los ciclos de sedimentación subsiguientes. Estos ciclos no se presentan apilados verticalmente a modo de relleno continuo, sino que se desarrollan lateralmente, con migración de los depocentros de sedimentación desde el norte hacia el sur, pudiendo existir o no, equivalencias entre las cubetas con relleno continental y las cubetas con depósitos marinos transgresivos.

Para Arbe, la Cuenca Austral no sería de tipo marginal pura, sino que se asociaría a un sistema de "rift" abortado muy particular, ya que algunas características de la cuenca (e.g. bajo grado de metamorfismo en el basamento, migración de los depocentros de depositación, diversidad de estilos estructurales y fondo sísmico) no son totalmente explicados por los modelos clásicos de cuencas asociadas a márgenes activos.

En este trabajo se presentan pruebas contundentes a favor de la presencia de un arco magmático que proporcionó sedimentos a la cuenca durante un prolongado lapso geológico, por lo que se descarta el modelo geotectónico propuesto por este autor.

Evolución geotectónica de la Cuenca Austral durante el Cretácico y el Terciario

Debido a que los sedimentos estudiados fueron depositados durante el Cretácico superior y el Terciario inferior, es de especial importancia definir el ambiente tectosedimentario para estos períodos.

Durante el Cretácico inferior, la sedimentación en la Cuenca Austral consistió en turbiditas de ambiente marino profundo que se

depositaron en una cuenca de tras-arco o "back arc" (Dalziel et al, 1979, Dott et al, 1982).

Durante el Cretácico superior y Terciario inferior, en las zonas más profundas de una cuenca de antepaís o "foreland basin" desarrollada entre el cratón y el arco magmático disectado, se depositaron turbiditas de las formaciones Cerro Toro, Tres Pasos y Alta Vista. Posteriormente lo hicieron sedimentos litorales y deltaicos de las formaciones La Anita, Chorrillo, Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea. Las unidades terciarias, Río Leona, Centinela, Río Turbio, Río Guillermo y Arroyo Oro fueron depositadas también en esta cuenca de antepaís. La evolución geotectónica de la cuenca se puede resumir de la siguiente forma (Fig 8):

Cretácico inferior Bruhn (1979), Dalziel (1974, 1979, 1981), y Winslow (1980, 1981, 1982) han dado evidencias de una cuenca marginal en un ambiente geotectónico comparable al que actualmente se desarrolla en el Mar de Japón. La apertura se produjo a lo largo del margen sudoccidental de la placa sudamericana durante el Jurásico al Cretácico inferior alto. Esta cuenca fue posteriormente deformada por el levantamiento cordillerano, y el Batolito Patagónico, con edades radiométricas de 150-155 M.a. (Halpern, 1973), constituye la raíz de ese arco volcánico.

Cretácico superior y Terciario Las evidencias estructurales y estratigráficas indican que la cuenca de trasarco se cerró luego de haber estado activa por 50 M.a. siendo posteriormente deformada durante el Cretácico superior. El cratón actuó como una estructura rígida contra la cual las rocas jurásicas y cretácicas inferiores de la cuenca fueron plegadas, falladas y elevadas como un cinturón orogénico, desplazando el

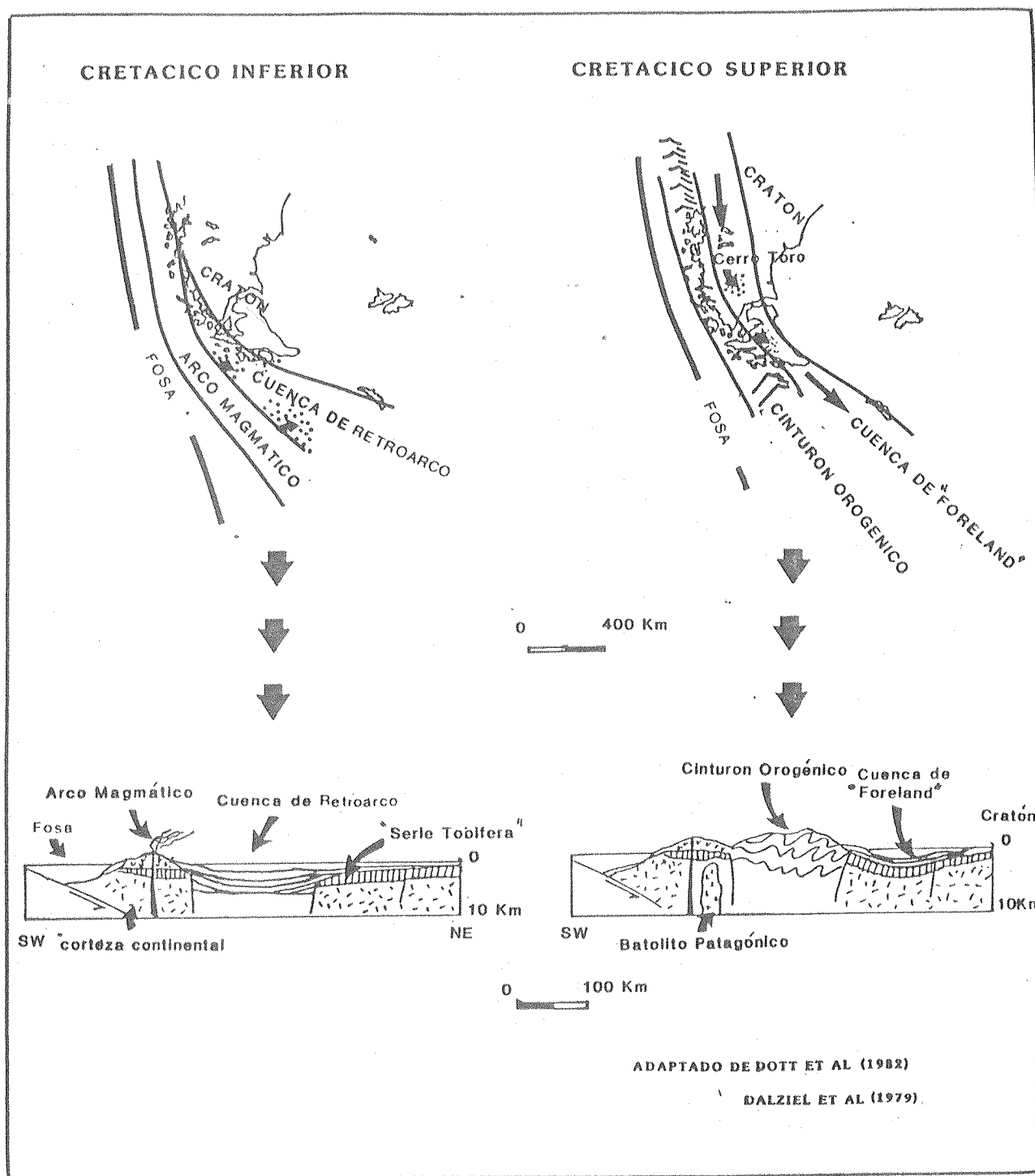


Fig 8-Evolución geotectónica esquemática de la Cuenca Austral durante el Cretácico, nótese la denominación de cuenca de retroarco propuesta por estos autores para la cuenca marginal cretácica inferior.

eje de la cuenca marginal hacia el este, donde se desarrollaría una cuenca de antepaís (Dott et al., 1982). Esta nueva área estable, marginal al cinturón orogénico, es una parte de la corteza continental en el borde del cratón o área de plataforma donde las facies marinas litorales y continentales de las unidades estudiadas fueron depositadas durante el Cretácico superior y Terciario inferior.

Durante el Terciario, el eje de la Cuenca se fue desplazando aún más hacia el este, hacia la zona de plataforma estable, a medida que la cordillera se fue sobreelevando. Las fases de deformación andina han afectado la zona marginal de la cuenca, mientras que en la plataforma esta deformación se halla muy atenuada. Sin embargo se puede afirmar que el elevamiento de los Andes del sur ha sido un proceso continuo desde el Cretácico superior hasta el Mioceno, como lo atestiguan los detritos andesíticos presentes en las areniscas de edades cretácicas superiores hasta miocenas.

CAPITULO III

ESTRATIGRAFIA

La secuencia Cretácico-Terciaria aflora a lo largo del margen occidental de la cuenca, paralela a los principales lineamientos cordilleranos. Estos sedimentos tienen un rumbo predominante N-S e inclinan hacia el este con un ángulo aproximado de 14 grados, mostrando escasa disturbación tectónica.

Este estudio se concentra en el sector sur del Lago Argentino donde fueron medidas 3 secciones detalladas y en el sector comprendido entre el Cerro Cazador y la localidad de Río Turbio donde 3 secciones adicionales fueron relevadas (Figs 2 y 3). El espaciado entre las secciones es aproximadamente constante pues el objetivo fue trazar los cambios composicionales y tendencias dentro de las areniscas de norte a sur y de base a techo de las secuencias.

Para confirmar toda esta información y disponer de más y mejores elementos de juicio para la evaluación de las distintas hipótesis de trabajo, se estudiaron, además, las muestras de 5 secciones relevadas por la comisión geológica de superficie de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) que trabajó en la zona y las de 3 sondeos realizados por Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF) en el área del Yacimiento Río Turbio.

La secuencia Cretácica superior muestra un marcado cambio desde las turbiditas campanianas (Formaciones Cerro Toro, Alta Vista y Tres Pasos) hacia las facies de arenas someras y deltaicas del Maastrichtiano ubicadas hacia el este (Formaciones La Anita, Chorrillo, Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea). La secuencia terciaria inferior (Formaciones Centinela, Río Leona, Río Turbio, Río Guillermo y Arroyo Oro) muestra una progresiva continentalización hacia los términos más jóvenes con

	FERUGLIO (1944)	FURQUE (1973)	RICCARDI Y ROLLER (1980)	NULLO ET AL (1981)	ARBE ET AL (1984)	ESTE ESTUDIO	
						LAGO ARGENTINO	CERRO CAZADOR Y RIO TURBIO
CAMPANIANO MASTRICHTIANO/TO	ESTRATOS DE CALAFATE	FM CALAFATE	FM MAN AIKE	FM CALAFATE	FM CALAFATE	FM CALAFATE	FM CERRO DOROTEA
	ESTRATOS DEL CHORRILLO	FM CHORRILLO	FM PARIAIKE	FM CHORRILLO	FM CHORRILLO	FM CHORRILLO	FM CERRO CAZADOR
	ESTRATOS DE LA ANITA	FM ANITA	FM LA ANITA	FM ANITA	FM CERRO FORTALEZA	FM ANITA	
	COMPLEJO ARCILLO-FTANITICO (parte superior)	FM LAS HAYAS Miembro Alta Vista	FM CERRO TORO (parte superior)	FM RIO GUANACO (parte superior)	FM ALTA VISTA	FM ALTA VISTA	FM TRES PASOS

FM CERRO TORO

Cuadro 1-Cuadro estratigráfico del Cretácico superior en las áreas de
Lago Argentino, Cerro Cazador y Río Turbio.

episodios marinos intercalados (Fig 4).

Area del Lago Argentino

A partir de los trabajos iniciales de Feruglio (1938, 1944, 1949) se han publicado varios estudios que subdividieron a la secuencia cretácica-terciaria que se resumen en los cuadros 1 y 2. Si bien no existe un acuerdo total acerca de los límites de estas unidades, las diferencias son debidas principalmente a una distinta interpretación de las facies (e.g. límite Fm Chorrillo y La Anita, según Riccardi y Rolleri, 1980; Fm Rio Guanaco, según Nullo et al., 1981; límite Fm Chorrillo y Calafate, según Arbe et al., 1984).

Arbe y Hechem (1984) han reconocido varios ciclos de depositación para los sedimentos cretácico-terciarios del área. Según estos autores, durante el intervalo Campaniano-Maastrichtiano se desarrollaron dos ciclos en facies marinas y continentales, el primero (Campaniano) compuesto por las formaciones Alta Vista y La Anita; el segundo (Maastrichtiano) compuesto por las formaciones Chorrillo y Calafate, en facies fluviales y estuaricas. Estos ciclos fueron controlados por las fluctuaciones del nivel del mar.

Aquí se presenta una versión modificada del esquema propuesto por Arbe y Hechem (1984) ya que las facies de la Fm Chorrillo son consideradas como el último evento de depositación del primer ciclo, mientras que la transgresión de la Fm Calafate marca el comienzo del segundo ciclo, puesto que una discordancia erosiva en su base es evidente en la región del Lago Argentino.

Los criterios seguidos para reconocer esta discordancia han sido:

- 1) Diferente traslape costero para las formaciones Chorrillo y Calafate.

EDAD		LAGO ARGENTINO	RIO TURBIO	SUBSUELO
TERCIARIO	Mioceno	FM SANTA CRUZ	FM SANTA CRUZ	FM SANTA CRUZ
	Oligoceno	FM CENTINELA	FM ARROYO ORO	MAGALLANES SUPERIOR
		FM RIO LEONA	FM RIO GUILLERMO	
	Eoceno	?	FM RIO TURBIO	MAGALLANES INFERIOR
	Paleoceno	FM CALAFATE	FM CERRO DOROTEA	
CRETACICO	Maastrichtiano	FM CHORRILLO	FM CERRO CAZADOR	FM PALERMO AIKE
		FM LA ANITA		
	Campaniano	FM ALTA VISTA	FM TRES PASOS	

Cuadro 2-Cuadro estratigráfico del Cretácico superior y Terciario inferior en las áreas de Lago Argentino, Cerro Cazador y Río Turbio; y para las unidades del subsuelo.

- 2) Cambio brusco de las facies continentales de la Fm Chorrillo a las facies marinas de la Fm Calafate.
- 3) Cambio en la composición de las areniscas y pelitas de la Fm La Anita a las de la Fm Calafate (la Fm Chorrillo, ubicada entre ambas no ha sido muestreada en este trabajo).

Descripción de unidades estratigráficas

Fm Alta Vista. Suprayace en concordancia a las turbiditas de la Fm Cerro Toro y subyace, también en concordancia a la Fm La Anita en el área del Arroyo Centinela (Fig 2), en el sector sur del Lago Argentino. En la base de la sección 3 solo aflora el techo de esta unidad, con 40 metros de sedimentos turbidíticos que muestran una típica ciclicidad de areniscas y pelitas con calcos de flujo y de carga, por lo que la descripción de esta unidad se basa en la literatura.

La Fm Alta Vista es equivalente a la Fm Tres Pasos expuesta en Chile. Ambas unidades representan facies turbidíticas depositadas durante el Campaniano (Scott, 1966). En los afloramientos situados en las margenes del Arroyo Calafate, en el sector sur del Lago Argentino, Riccardi (1983) ha reconocido la siguiente fauna: Kossmaticeras (Karapadites) centinelaense Blasco et al., K. (Natalites) cf. hauthali Paulcke y Neogramites morenoi Riccardi. Estos fósiles indican una edad campaniana inferior a media para la parte superior de la secuencia, inmediatamente por debajo de la Fm La Anita. Furque (1973) consideró a la Fm Alta Vista como un miembro de la Fm Las Hayas; para Blasco et al. (1981) las turbiditas pertenecen a la sección superior de la Fm Río Guanaco; Riccardi y Rolleri (1980) consideraron a la Fm Alta Vista como la parte superior de la Fm Cerro Toro.

Fm La Anita. Esta unidad está muy bien representada a lo largo del margen sur del Lago Argentino, especialmente entre las localidades de

Estancia La Anita y el Arroyo Centinela (Secciones 3 y 2 respectivamente). Hacia el este, el espesor aflorante de la Fm La Anita se reduce y en el Cerro Calafate (sección 1) solo la parte superior de esta unidad esta expuesta.

La Fm La Anita se compone de areniscas finas a gruesas, de colores blanquecinos a grisáceos con intercalaciones de pelitas y conglomerados. Cerca de la margen sur del lago, en su sección tipo (Estancia La Anita, sección 3, Fig 2) esta formación de 480 metros de espesor sobreyace en concordancia a la Fm Alta Vista y subyace tambien en concordancia a la Fm Chorrillo. La Fm La Anita posee un rumbo e inclinación aproximados de N54/11E en la localidad estudiada, donde sus miembros Cachorro y La Irene se hallan bien expuestos.

Miembro Cachorro. Furque (1973) utilizó este término para las areniscas que afloran en el sector sur del Lago Argentino, entre el Arroyo Centinela (sección 2) y la Estancia La Anita (sección 3). Este miembro de aproximadamente 380 metros de espesor, está compuesto por areniscas marinas que presentan estratificación entrecruzada, ignofósiles y restos de plantas intercalados con pelitas. En la base de este miembro se observa la transición de turbiditas (Fm Alta Vista) a un ambiente marino más somero con cuerpos de arenas de geometrias lenticulares y espesores que alcanzan los 5 metros (Figs 9, 10 y 11). El Miembro Cachorro representa un sistema deltaico con el desarrollo de canales distributarios y depósitos finos de relleno de bahías. En la sección 2, este miembro presenta espesores mayores de areniscas probablemente por una posición mas proximal en el frente deltaico. Hacia el techo, se encuentra la transición hacia las facies conglomerádicas del Miembro La Irene (sección 2 y 3, Fig 2).



Fig 9-Depósitos de frente deltaico en las "Barrancas de la Anita",
margen sur del Lago Argentino (Miembro Cachorro,
secciones 2 y 3).

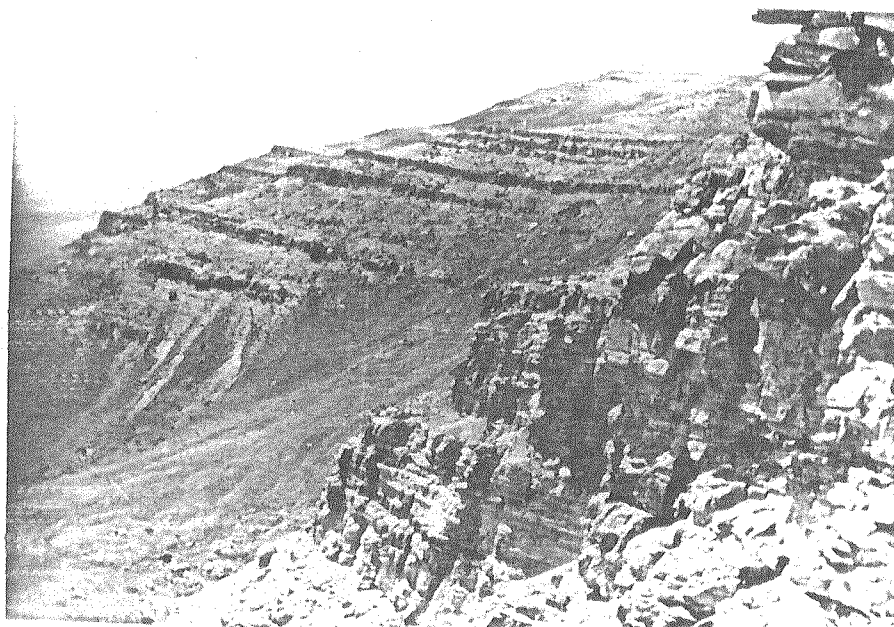


Fig 10-Afloramientos del Miembro Cachorro (Fm La Anita) en la
sección 3.

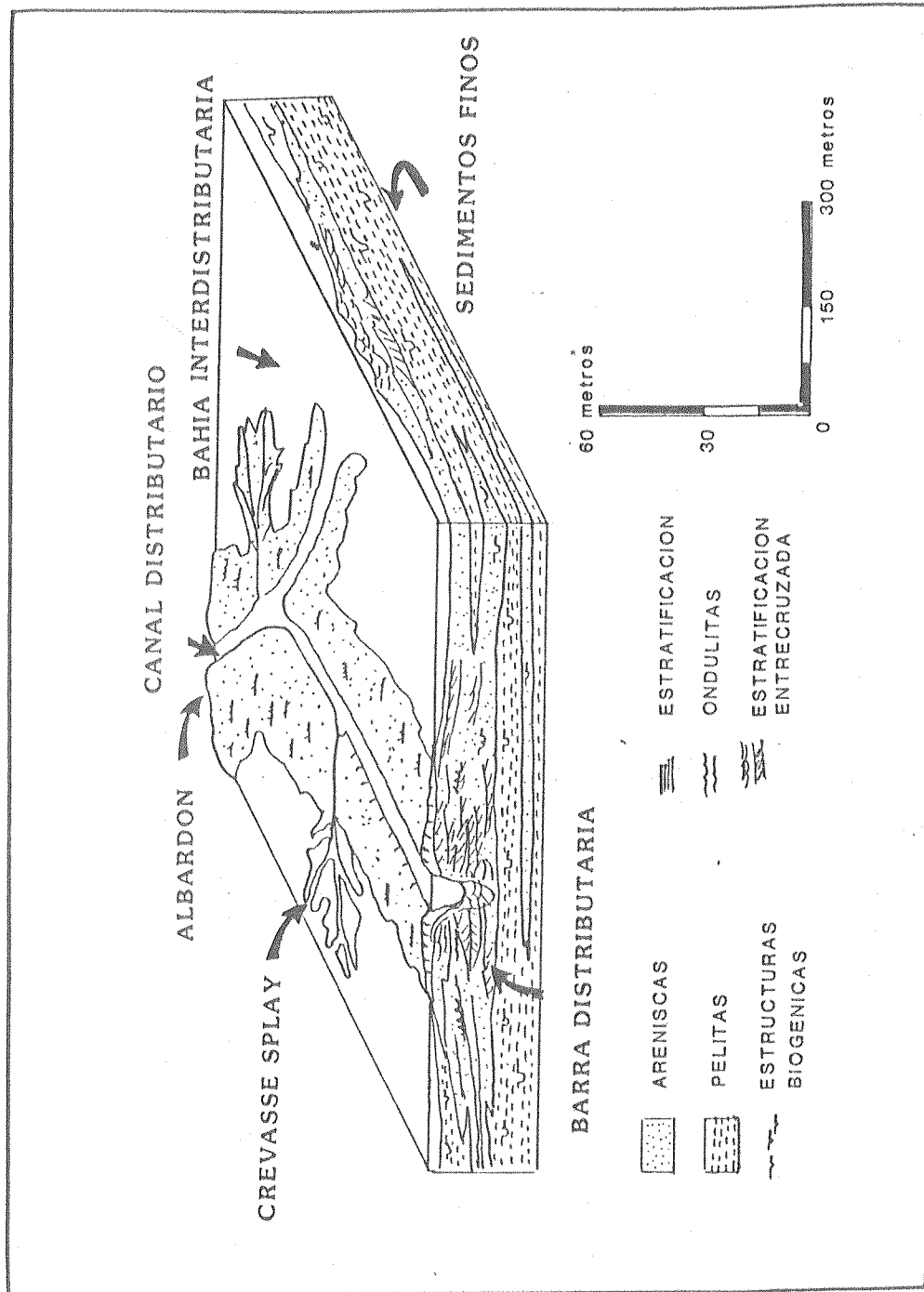


Fig 11-Block diagrama que muestra las facies de frente deltaico del Miembro Cachorro (Fm La Anita). Compárese con la Fig 9.

El Miembro La Irene de aproximadamente 100 metros de espesor en las secciones 2 y 3 está compuesto por conglomerados que presentan estratificación entrecruzada y estructuras de corte y relleno intercaladas con areniscas y pelitas laminadas, todo esto en un típico ambiente fluvial. Estos conglomerados sugieren un incremento brusco en la energía del ambiente atribuido a una reactivación en las áreas de aporte. El análisis modal de 100 clastos de un tamaño medio de 11 cm -lo que presupone una fuente de aporte relativamente cercana- muestra una predominancia (45%) de rocas volcánicas ácidas.

En la sección 1, donde el Miembro La Irene forma la base del Cerro Calafate, fueron medidos 220 metros de éstas facies conglomerádicas, en ciclos granodecrecientes de conglomerados masivos y areniscas con estratificación entrecruzada. Cada ciclo consiste en aproximadamente 2 metros de conglomerados y 4 metros de areniscas con un contacto erosivo en la base. El tamaño de grano de los conglomerados varía entre 0.5 y 2 cm, abundan los paleocanales y las estructuras de corte y relleno (Fig 12).

La progradación en las secciones 2 y 3 marca una evolución continua de los paleoambientes de depositación desde un ambiente turbidítico para la Fm Alta Vista a un ambiente de frente deltaico con el desarrollo de barras distributarias y bahías interdistributarias (Miembro Cachorro) y finalmente un sistema de alta energía como un río anastomosado (Arbe et al., 1984) para el Miembro La Irene.

El Miembro La Irene aflora en las márgenes norte y sur del Lago Argentino y su localidad tipo se encuentra en el margen occidental del Río Leona, al sur de la Estancia La Irene. En el sector sur del Lago Argentino, esta representado por una faja continua de afloramientos desde la Estancia La Anita al oeste hasta la base del Cerro Calafate al



Fig 12-Conglomerados y areniscas del Miembro La Irene (Fm La Anita, sección 3).



Fig 13-Trazas fósiles del Miembro Cachorro (Fm La Anita, seccion 3).

este. Su asociación vertical con las facies del Miembro Cachorro marca una tendencia progradante, su aparición brusca, una reactivación en las fuentes de aporte.

Ambos miembros de la Fm La Anita contienen varios cuerpos intrusivos de colores castaños que son fáciles de diferenciar en el campo debido a sus colores contrastantes con los blanquesinos de éstas areniscas. Estos Cuerpos son generalmente paralelos a la estratificación y están ampliamente representados en las secciones 1, 2 y 3.

En la Fm La Anita, Feruglio (1938, 1944, 1949) ha reconocido y descrito bivalvos y gasterópodos que incluyen a: Astarte cf. venatorum, Wilckens, Cuculaea argentina Feruglio, Donax (Notodonax) anaeugeniae Feruglio, Pacitrigonia regina Wilckens, P. patagonica Feruglio, Actaeon meridionalis Feruglio, Cinula pauper Wilckens, Pugnellus aff. unicus, (Forbes). A 100 metros arriba de la base de ésta unidad, Feruglio (1938, 1944, 1949) describió Pseudokosmaticeras hauthali (Paulcke), redesignado como Kosmaticeras (Natalites) cf. hauthali (Paulcke) por Riccardi en 1983. En base a los amonoideos encontrados, la Fm La Anita sería de edad Campaniana-Maastrichtiana. Durante el transcurso de los trabajos de campo, se coleccionaron pelecípodos como Ostrea sp., Trigonia sp., Inoceramus sp., y pectínidos. Además se observó un gran número de trazas fósiles y estructuras biogénicas en el Miembro Cachorro (Fig 13). Estas pistas, trazas y evidencias de actividad orgánica, abundantes en las facies arenosas, comprenden a dos grandes grupos dentro de la clasificación etológica de estructuras biogénicas (Frey, R.W., 1978):

Clase 1: Trazas reptantes (Repichnia) que comprenden a las trazas superficiales lineales y sinuosas de distintas morfologías pero siempre horizontales y paralelas a la estratificación.

Clase 2: Trazas cavadoras (*Domicnia*) que comprenden a las estructuras perpendiculares y con diferentes ángulos con respecto a la estratificación. El tubo vertical *Scolithus*, por ejemplo, es indicativo de aguas someras y es una de las trazas más comunmente encontradas.

La Fm La Anita se correlaciona al norte con la Fm Cerro Fortaleza (Arbe y Hechem, 1984), hacia el sur, con la Fm Cerro Cazador (cuadro 1).

Feruglio (1938, 1944, 1949) mencionó para la Fm La Anita, 350 metros de areniscas masivas y con estratificación entrecruzada, de colores blanquecinos y con lentes conglomerádicos e intercalaciones de pelitas más oscuras que contienen restos de moluscos y plantas terrestres mal conservadas. Esta unidad también ha sido descripta por Bianchi (1967), Leanza (1972), y Riccardi y Rolleri (1980). Estos últimos autores utilizaron el término de Fm La Anita para las areniscas blanquecinas que suprayacen a las pelitas de la sección superior de la Fm Cerro Toro (Fm Alta Vista en este trabajo). Nullo et al (1981) redefinieron a la Fm La Anita e incluyeron a las areniscas basales de esta unidad dentro de la Fm Río Guanaco.

Arbe y Hechem (1984) dividieron a la Fm La Anita en cuatro miembros tomando como base aspectos paleocambientales y su evolución en el tiempo y espacio. Estos cuatro miembros de base a techo son: El Barco, Cachorro, La Asunción y La Irene. Los Miembros El Barco y La Asunción representan facies deltaicas y marinas someras de la Fm La Anita que no se presentan en la localidad tipo estudiada en las Barrancas de La Anita.

Arbe y Hechem (op.cit.) también propusieron el nombre de Fm Cerro Fortaleza para reemplazar al de Fm Pari Aike en el área comprendida entre el Lago Argentino y el Lago Viedma (Feruglio, 1938, 1949, Riccardi y Rolleri, 1980). Esta unidad, de 350 metros de espesor en el Cerro

Clase 2: Trazas cavadoras (*Domichtia*) que comprenden a las estructuras perpendiculares y con diferentes ángulos con respecto a la estratificación. El tubo vertical *Scolithus*, por ejemplo, es indicativo de aguas someras y es una de las trazas más comúnmente encontradas.

La Fm La Anita se correlaciona al norte con la Fm Cerro Fortaleza (Arbe y Hechem, 1984), hacia el sur, con la Fm Cerro Cazador (cuadro 1).

Feruglio (1938, 1944, 1949) mencionó para la Fm La Anita, 350 metros de areniscas masivas y con estratificación entrecruzada, de colores blanquecinos y con lentes conglomerádicos e intercalaciones de pelitas más oscuras que contienen restos de moluscos y plantas terrestres mal conservadas. Esta unidad también ha sido descripta por Bianchi (1967), Leanza (1972), y Riccardi y Rolleri (1980). Estos últimos autores utilizaron el término de Fm La Anita para las areniscas blanquecinas que suprayacen a las pelitas de la sección superior de la Fm Cerro Toro (Fm Alta Vista en este trabajo). Nullo et al (1981) redefinieron a la Fm La Anita e incluyeron a las areniscas basales de esta unidad dentro de la Fm Río Guanaco.

Arbe y Hechem (1984) dividieron a la Fm La Anita en cuatro miembros tomando como base aspectos paleocambientales y su evolución en el tiempo y espacio. Estos cuatro miembros de base a techo son: El Barco, Cachorro, La Asunción y La Irene. Los Miembros El Barco y La Asunción representan facies deltaicas y marinas someras de la Fm La Anita que no se presentan en la localidad tipo estudiada en las Barrancas de La Anita.

Arbe y Hechem (op.cit.) también propusieron el nombre de Fm Cerro Fortaleza para reemplazar al de Fm Pari Aike en el área comprendida entre el Lago Argentino y el Lago Viedma (Feruglio, 1938, 1949, Riccardi y Rolleri, 1980). Esta unidad, de 350 metros de espesor en el Cerro

Fortaleza, ha sido interpretada como una facies fluvial lateral hacia el norte de los miembros El Barco y Cachorro de la Fm La Anita. En el Cerro Fortaleza suprayace al Miembro La Asunción y subyace al Miembro La Irene. En este trabajo se cuestiona el uso del término formación para facies que se ubican dentro de la misma Fm La Anita. Esto no está de acuerdo con las reglas de nomenclatura estratigráfica; por lo que se propone el término de Miembro Cerro Fortaleza.

Fm Chorrillo Su localidad tipo se sitúa en las cabeceras del Arroyo Chorrillo Malo, en el sector sur del Lago Argentino, en donde suprayace a las areniscas de la Fm La Anita. Aflora, también, desde el Río Centinela en el sudoeste hasta el Arroyo Calafate en el noreste, donde se reduce en espesor y se halla mal expuesta. Su espesor varía entre los 200 metros en el oeste de la Sierra de los Baguales y los 50 metros en el área de Cerro Calafate (sección 1, Fig 2) y su estructura es la de un homoclinal que buza al SE.

La Fm Chorrillo está compuesta por pelitas arenosas con intercalaciones de areniscas y lentes de conglomerados. Estas facies representan depósitos de ríos meandrosos de sinuosidad media, desarrollados en amplias planicies de inundación (Arbe y Hechem, 1984).

En esta unidad han sido encontrados restos de plantas como: Podocarpus sp., Myrica mira sp., Cladophlebis sp., Laurelia sp., Nothofagus sp., y Blechnum sp. (Arrondo, 1983), también se mencionan restos de Tyrannosaurios (Arbe y Hechem, 1984) que junto con la posición en secuencia darían una edad maastrichtiana superior.

La Fm Chorrillo representa un período de depositación continental y se correlaciona con la Fm Cerro Cazador hacia el sur. Fue descripta por primera vez por Feruglio (1938) como una secuencia de pelitas y

areniscas de 200 metros de espesor que contiene restos de dinosaurios y algunos restos de fauna marina, aflorante al sur de La Estancia La Anita. Piatnitzky (1938) reconoció a estas capas pero no les asignó un nombre formacional. Por su parte, Nullo et al. (1981) y Arbe y Hechem (1984) siguieron la definición original de Feruglio para esta unidad.

Fm Calafate. Feruglio (1938) fue el primero en describir a la Fm Calafate en la localidad tipo del cerro homónimo (Fig 14), luego, otros autores siguieron esta definición de la unidad (Leanza, 1972; Furque et al., 1972; Nullo et al., 1981; Arbe y Hechem, 1984).

Esta unidad aflora en el sector sudeste del lago Argentino a lo largo del Arroyo Calafate, sobreyaciendo en discordancia a las formaciones La Anita y Chorrillo (Fig 2), y formando parte de un homoclinal, integrado por éstas tres unidades, que buza hacia el SE y que topográficamente toma el nombre de "Barrancas de La Anita". Está compuesta por areniscas grises y verdosas con algunas lentes conglomerádicas e intercalaciones pelíticas; las areniscas presentan estratificación entrecruzada y hacia el techo de la secuencia se aprecian abundantes restos de pelecípodos, gasterópodos y braquiópodos (Fig 15). En la sección 1, se midieron 290 metros de areniscas masivas y entrecruzadas, con intercalaciones de pelitas y capas de conglomerados. En el campo, estas facies son fáciles de diferenciar de las de la Fm La Anita por sus colores contrastantes.

La Fm Calafate fue depositada en un ambiente marino somero intertidal a subtidal (Arbe y Hechem, 1984) suprayaciendo en discordancia a las facies fluviales del Miembro La Irene de la Fm La Anita. El tipo de sedimentación y su composición marcan un cambio en las condiciones de depositación y en las áreas de aporte, y la discordancia en la base de esta unidad puede ser reconocida en el Cerro Calafate. La

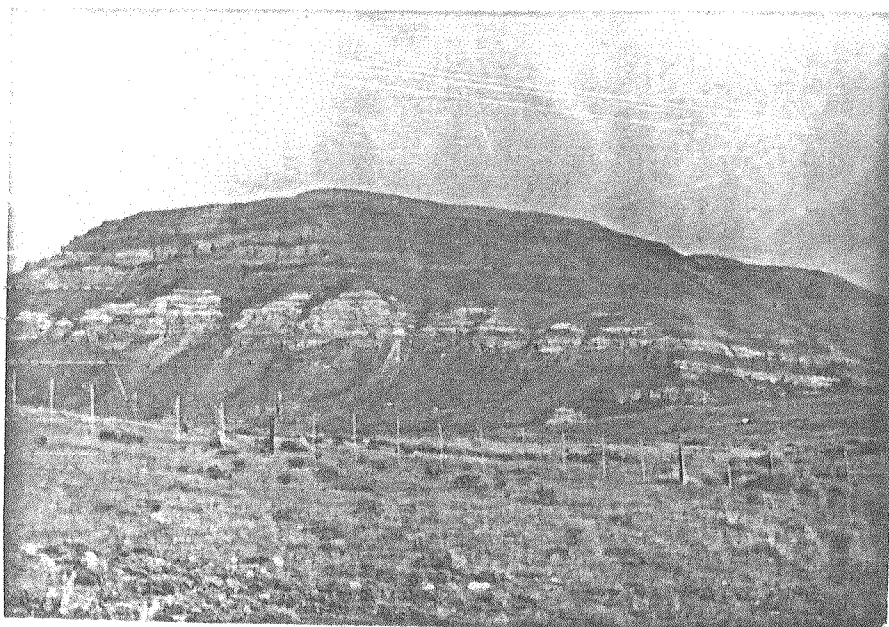


Fig 14-Contacto entre las formaciones La Anita y Calafate en el Cerro Calafate (sección 1), evidente por los colores contrastantes.

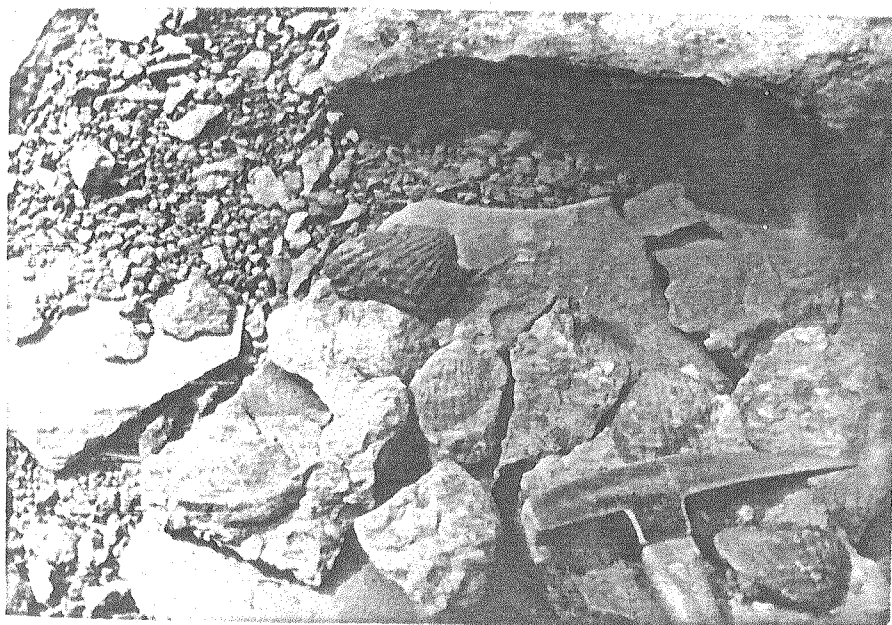


Fig 15-Moluscos fósiles en el techo de la Fm Calafate (sección 1).

Fm Calafate implica entonces, el reestablecimiento de las condiciones marinas en el área hacia el límite Cretácico-Terciario luego de un período de continentalización.

Según Feruglio (1938, 1941), dos tercios de la fauna que contiene esta unidad son pelecípodos, el restante corresponde a los braquiópodos y gasterópodos. Se han descripto a: Malletia gracilis M. cf. pencanoides, Trigonia regina, T. ecplecta, T. patagónica, T. wilckensi, Lahillia luisa, Cytherea rothi, C. Australis, Solecurtus gratus, Panopea hauthali, Pecten cf. baqualensis, ostrea vulselloides, Exogyra ostracina, Alectryonia herminii, Dentalium cazadorianum, Natica cerreria, Arroghes gregaria, Cominella tumida, Cinulia pauper. Cerca del techo de esta unidad, Feruglio (1938) describió a Lahillia gigantea, Ostrea groeveri, Magellania e. correamoralesi, Terebratella insignies, y a Bouchardia conspicua; e interpretó a esta fauna como indicativa del Senoniano. Nullo et al. (1981) asignaron una edad maastrichtiana superior a paleocena a la Fm Calafate, basándose en estudios palinológicos de Sepúlveda (1980).

Hacia el sur, la Fm Calafate se correlaciona, por su posición en secuencia con la Fm Cerro Dorotea (Nullo et al., 1981) o bien con la parte superior de la Fm Cerro Cazador (Arbe, 1986); en este trabajo se sigue el criterio del primer autor aunque no se descarta que la Fm Calafate sea equivalente, al menos en parte, al techo de la Fm Cerro Cazador.

Fm Rio Legua. Esta unidad comprende a arcilitas grises, con intercalaciones de arenistas y carbón; presenta un conglomerado basal e intercalaciones carbonosas con impresiones de fagus y fragmentos de madera petrificada.

La Fm Río Leona, con un espesor aproximado de 200 metros aflora desde el Área del Lago Cardiel al norte hasta el margen austral del Lago Argentino al sur; Hatcher (1900) identifica en la región, por primera vez, una secuencia terciaria continental, infrayaciendo a los depósitos marinos de sus "Patagonian Beds"; según Feruglio (1938) los Estratos del Río Leona son depósitos estuáricos y continentales regresivos que suprayacen en discordancia a la Fm Calafate e infrayacen en concordancia a la Fm Centinela. No obstante, Roll (1937) y Piatnitzky (1938) han sugerido una relación de discordancia para este último contacto.

La edad y relaciones de la Fm Río Leona todavía no han sido establecidas con exactitud. Para Malumián (1971) sería Paleoceno-Eoceno, para Arbe (1986) es paleocena y se correlacionaría con la Fm Cerro Dorotea que aflora al sur, en el Valle del Río Turbio. Podría también ser equivalente a la parte inferior de la Fm Río Turbio o a la sucesión marina que más al sur, en territorio chileno, comprende a las formaciones Chorrillo Chico, San Jorge y Agua Fresca. En este trabajo se la correlaciona con la Fm Río Guillermo y con el "Listense" que aflora al norte del Río Lista (Borrello, 1956). Como se observa, la ubicación estratigráfica de esta unidad es compleja siendo necesario mayores estudios para definirla con mayor claridad.

Fm Centinela Esta unidad está compuesta por areniscas finas a gruesas, de color gris amarillento, en parte calcárea, bien cementadas, que alternan con tobas blanquecinas y bancos de conglomerados con ostreas depositados en un ambiente marino transicional. Sobreyace a la Fm Río Leona y posee un espesor aproximado de 200 metros, extendiéndose a lo largo del margen occidental de la cuenca, desde el Lago Cardiel hasta el sur del Lago Argentino. Esta unidad permite datar en la comarca a la "Ingresión Patagónica" que habría llegado hasta las primeras

estribaciones de la Cordillera Patagónica, durante el Oligoceno inferior (Ramos, 1982) procedente desde el sudoeste.

La Fm Centinela posee una abundante fauna de invertebrados compuesta por moluscos, braquiópodos y equinodermos; entre otras especies, se hallan presentes: Aerothyris patagonica Sowerby, Ostrea hatcheri Ihering, O. ingens Zittel, Ostrea maxima Hupe, Glycymeris ibari Philippi, Cucullaea calafatensis Feruglio, Modiolus arcta Feruglio, Venericardia sp., Cominella carinata Feruglio, Scalari rugulosa Sowerby, Struthiolarella ameghinoi Ihering. Sobre la base de la asociación fósil presente, y la presencia de Ostrea hatcheri y O. d'orbigny, Furque (1972) la ubicó en el Oligoceno-Mioceno. En este trabajo se la ubica en el Oligoceno por su contenido fosilífero (Malumián, 1978; Ramos, 1982) y por las dataciones radimétricas de tobas de la Fm Santa Cruz suprayacente, dan una edad miocena inferior (Danderfer, 1981).

Para Danderfer (1981) la Fm Centinela corresponde a la parte superior de la Fm Arroyo Oro del área de Río Turbio, si bien aún no hay suficientes datos para su correlación. Esta unidad puede corresponderse también, al menos en parte, con la Fm Río Guillermo o con el Magallaniano superior del subsuelo.

Áreas de Cerro Cazador y Río Turbio

En el sector sur del área estudiada ha sido desarrollada una nomenclatura diferente; las facies deltaicas, continentales y marinas de las formaciones La Anita, Chorrillo y Calafate son reemplazadas hacia el sur por las facies marinas de las formaciones Cerro Cazador, y Cerro Dorotea. A su vez las formaciones Río Leona y Centinela, son reemplazadas por las facies continentales y marinas de las formaciones Río Turbio, Río Guillermo, y Arroyo Oro.

En 1937, Brandmayr estudió a las unidades aflorantes en el área de Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio; estos resultados fueron resumidos junto a las observaciones de Wilckens (1907) por Feruglio (1938). Estos autores describieron una secuencia marina continua depositada en un ambiente de plataforma durante el Cretácico superior y el Terciario inferior en el área considerada.

En la medida que estos sedimentos fueron estudiados por geólogos chilenos y argentinos, se establecieron diferentes criterios para subdividir a la secuencia; por lo que es necesario analizar ambos esquemas con mayor detalle (cuadro 3).

En Chile, en el área de Última Esperanza, cercana al límite internacional, las turbiditas de la formación Cerro Toro y Tres Pasos son reemplazadas hacia arriba por facies de areniscas y pelitas verdosas depositadas en un ambiente marino somero. Esta línea de contacto entre la sedimentación marina profunda y somera coincide aproximadamente con el límite argentino-chileno (Cecioni, 1957, Katz, 1963).

En Argentina, Feruglio (1938, 1944, 1949) dividió a estos sedimentos marinos someros, de base a techo, en: Capas de Monte Grande, Capas del Cerro Cazador y Capas del Cerro Dorotea. Otros estudios (Brandmayr, 1937) mostraron que en el área del Cerro Cazador la secuencia cretácica superior puede ser dividida en una unidad inferior que contiene a la típica fauna de *Lahilia luisa* (Fm Cerro Cazador) con sedimentos predominantemente finos y una unidad superior compuesta por areniscas más gruesas y conglomerados que contienen a la fauna de *Ostrea rionegrensis* (Fm Cerro Dorotea). Posteriormente, Cecioni (en Hoffstetter et al., 1957) señaló que el grupo no podría ser separado usando criterios paleontológicos y bioestratigráficos por lo que utilizó el

ARGENTINA (ESTE ESTUDIO)		CHILE
FM CERRO DOROTEA ~~~~~ ? ~~~~~		FM CERRO DOROTEA
FM CERRO CAZADOR		
NO EXPUESTO	FM TRES PASOS	FM TRES PASOS
	FM CERRO TORO	FM CERRO TORO

Cuadro 3-Cuadro estratigráfico argentino-chileno para el área del Cerro Cazador y Río Turbio.

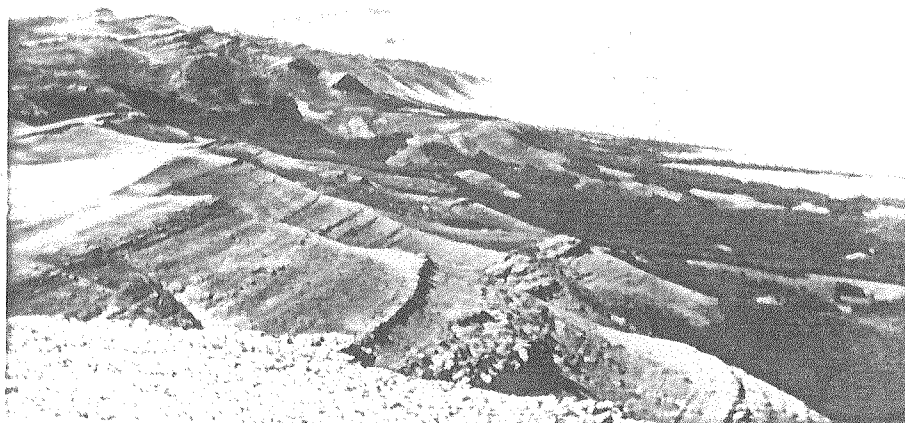


Fig 16-Vista panorámica de la Fm Cerro Cazador en la sección 5.

termino de Fm Cerro Dorotea para englobar a toda la secuencia que suprayace a las turbiditas de la Fm Cerro Toro. Katz (1963) concuerda con Cecioni en que las capas del Cerro Cazador y Cerro Dorotea no pueden ser diferenciadas entre si, pero agrega que estas últimas son diferenciables de las facies pelíticas de la Fm Monte Grande; para Katz, estas últimas constituyen la Fm Tres Pasos y las primeras constituyen la Fm Cerro Dorotea. Estos dos términos son generalmente usados en Chile, mientras que en Argentina, las denominaciones definidas por Feruglio (1938, 1949), Brandmayr (1945) y Hunicken (1955) son los más comunmente usados.

Leanza (1968, 1972) adoptó el término Cerro Dorotea según Katz (1963) mientras que Hunicken (1955) utilizó en cambio la nomenclatura estratigráfica argentina para su detallado trabajo en el área de Río Turbio. En este estudio se utilizan también estos terminos estratigráficos por hallarse la mayoría de las secciones en territorio argentino (Fig 2).

Descripción de unidades estratigráficas

Fm Tres Pasos según Smith (1977) esta unidad de la región de Ultima Esperanza (Chile) es equivalente a la Fm Alta Vista descripta en la región de Lago Argentino. Este autor distingue tres miembros según la proporción relativa de areniscas y pelitas, y estructuras sedimentarias presentes; estos miembros representan una progradación sobre facies turbidíticas antiguas de facies más someras. Las paleocorrientes medidas indican un paleoflujo desde el norte hacia el sur.

La Fm Tres Pasos suprayace en concordancia a la Fm Cerro Toro e infrayace también en concordancia a la fm Cerro Cazador.

Fm Cerro Cazador Feruglio (1938) describió a la Fm Cerro Cazador como una secuencia de 900 metros de espesor que consiste en areniscas

con intercalaciones de pelitas con la típica fauna de *Lahilia luisa* (Figs 16 y 17). Esta secuencia ha sido previamente descripta por Hauthal (1898) y Wilckens (1904, 1905, 1907) y Paulcke (1907) como parte de las Areniscas Verdes o como *Lahilia luisa* Schichten. Posteriormente, Brandmayr (1945) se refirió a estos estratos como la sección media de las Areniscas Verdes. Hunicken (1955), en su estudio en el área de Río Turbio, siguió la terminología original de Feruglio (1938).

Esta unidad aflora en forma paralela a la cadena andina y casi siguiendo el límite argentino-chileno, desde el área de Cerro Cazador al norte hasta el área de Cerro Dorotea al sur (Fig 2). Está compuesta por areniscas finas y medianas con algunas intercalaciones conglomericas; los colores predominantes son el verde, amarillo y gris; hay también, intercalaciones de pelitas y sedimentos calcáreos que contienen una fauna de cefalópodos, gasterópodos y pelecípodos.

La Fm Cerro Cazador suprayace en concordancia a la Fm Tres Pasos Katz (1963) y según Brandmayr (1945) y Hunicken (1955) infrayace también en concordancia a la Fm Cerro Dorotea. Riccardi y Rolleri (1980) no llegan a una conclusión final acerca del carácter de su contacto superior. En nuestro estudio, por la evidencia de campo, se concuerda con Di Benedetto (1972) pues los conglomerados de base de la Fm Cerro Dorotea marcarían una paraconcordancia de carácter erosivo.

En este trabajo, la Fm Cerro Cazador fue estudiada en tres localidades diferentes (secciones 4, 5 y 6, Fig 2). En la sección 5, estas capas presentan un rumbo N-S y buzan 20 grados hacia el este; comprenden a 870 metros de areniscas verdes y grises, macizas y con estratificación entrecruzada (Fig 17) con lentes conglomerádicas e intercalaciones de pelitas y coquinas que contienen fragmentos de

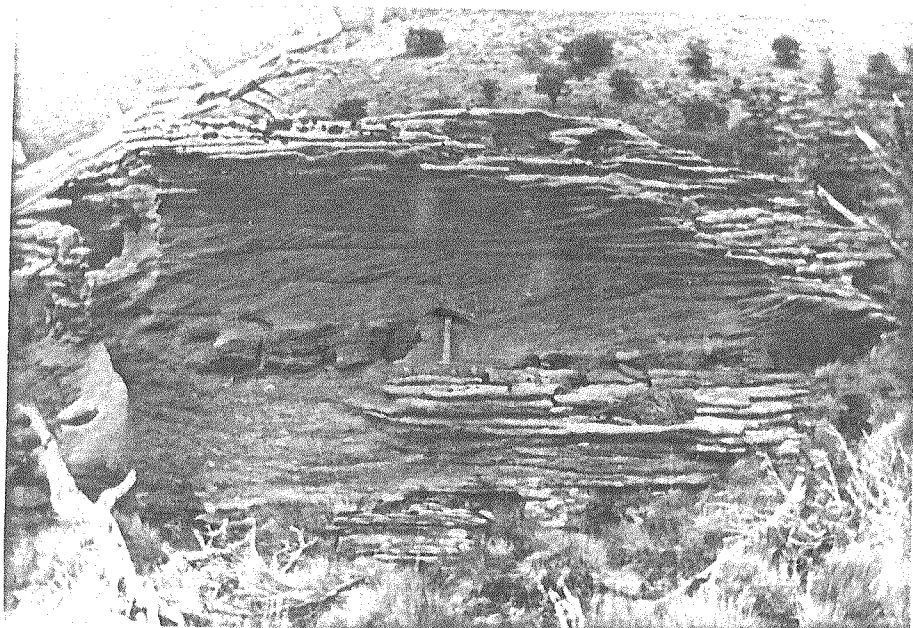


Fig 17-Areniscas laminadas y con estratificación entrecruzada en la Fm
. Cerro Cazador (sección 6).

plantas, pelecípodos (Cucullaea sp., Ostrea sp., Donax sp., Panopaea sp., Astarte sp., y Trigonia sp.), amonites (Hoplitoplacentíceras sp.) y trazas fósiles. En esta localidad fueron recolectados bivalvos (Cucullaea sp., Ostrea sp., Donax sp., Panopaea sp., Astarte sp., y Trigonia sp.), amonites (Hoplitoplacentíceras sp.) y trazas fósiles. Hacia el techo de la secuencia se midieron paleocorrientes en 8 capas que presentan estratificación entrecruzada, se corrigió la inclinación tectónica por el método de Potter y Pettijohn (1977) y estos resultados muestran un paleoflujo deposicional desde el NO hacia el SE (Fig 18).

En la sección 6, la Fm Cerro Cazador no se encuentra bien expuesta debido a cubierta moderna y la vegetación. En esta localidad fueron medidos 560 metros y la fauna coleccionada incluye a: Dentalium sp., Turritella sp., Panopaea sp., Nucula sp., como así también trazas fósiles del tipo Skolithus, restos de plantas y el amonite Baculites sp.

La sección 4 presenta fósiles marinos similares a los descriptos previamente. Esta sección que cubre solo la parte superior de la Fm Cerro Cazador, fue relevada y medida por Macellari (1985).

Varios autores han estudiado los fósiles de esta unidad, Feruglio (1949) ha presentado una detallada lista de fósiles en sus trabajos pioneros en la zona, Riccardi y Rollieri (1980) describieron dicha fauna reconociendo importantes capas fosilíferas, por ej. el nivel p de Hauthal (citado en Wilckens, 1907) con abundantes invertebrados como: Hoplitoplacentíceras plasticum (Paulcke), Pseudokosmaticeras paulcke Collignon, Saghlinites kingianus involutior (Paulcke), Gaudryceras varagurense patagonicum (Paulcke), Hypophylloceras nera (Forbes), Hoploperia antarctica Wilckens, Lima patagonica Wilckens, Pinna morensi Wilckens, Malletia gracilis Wilckens, Astarte venatorum Wilckens, Pterotrigonia cazadoriana Wilckens, Martesia cazadoriana Wilckens,

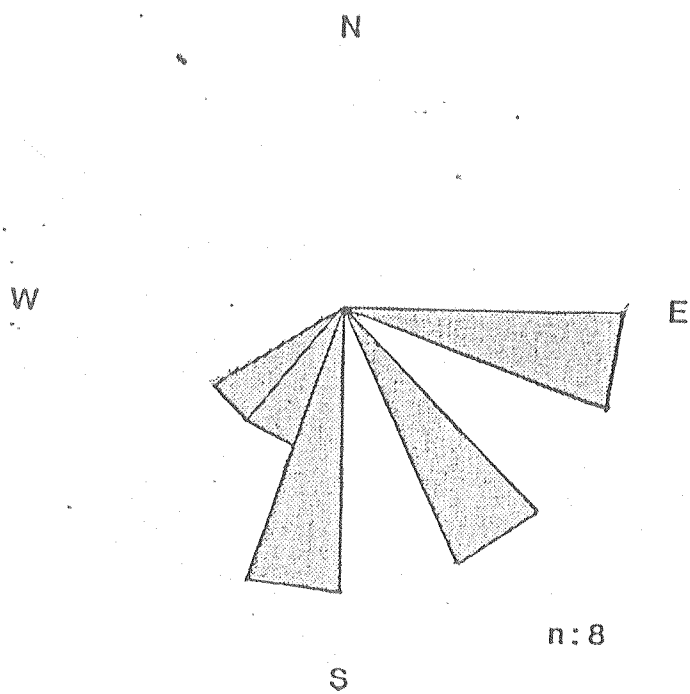


Fig 18-Paleocorrientes de la Fm Cerro Cazador en la sección 5.

Panopaea inferior Wilckens, Lahilia luisa Wilckens, Baculites cazadorianus Paulcke (Paulcke, 1907, Wilckens, 1907b). Hacia el techo de la unidad, otros niveles fosilíferos han sido encontrados (Brandmayr, 1945, Feruglio, 1949) con los mismos bivalvos y gasterópodos; a 100 metros por debajo del techo de esta unidad, se registra la presencia de Kossmaticeras (Natalites) hauthali (Paulcke) (Cecioni, 1957). Hacia el sur, en el área de Río Turbio, Hunicken (1955) describió una asociación compuesta por Maorites densicostatus entre otros.

La Fm Cerro Cazador es considerada Santoniana-Maastrichtiana por Hunicken (1955) y Campaniana-Maastrichtiana por Riccardi y Rolleri (1980). Es reemplazada hacia el norte por las formaciones La Anita y Chorrillo.

Fm Cerro Dorotea Esta unidad está expuesta desde la Sierra Contreras, Cerro Cazador y Cancha Carreras al norte hasta la localidad de Río Turbio y Sierra Dorotea al sur. Suprayace a la Fm Cerro Cazador y subyace a la Fm Río Turbio, y está compuesta por areniscas grises y verdosas con intercalaciones conglomerádicas. Se observa una continentalización de facies hacia el techo de esta unidad que es consistente con la tendencia de toda la secuencia cretácica superior y terciaria inferior.

Hauthal (1898) describió a esta unidad como la parte superior de las Areniscas Verdes, y Wilckens (1904, 1905, 1907) la incluyó dentro de las capas con Lahilia luisa. La Fm Cerro Dorotea también contiene a Ostrea rionegrensis Ihering y Lahilia gigantea en un típico ambiente marino con intercalaciones continentales (Hunicken, 1955).

Feruglio (1949) describió a esta unidad como areniscas y conglomerados de colores verdosos y grises que forman crestas en el

terreno. Hunicken (1955) la estudió en detalle y utilizó los términos Capas del Cerro Dorotea o Capas con Ostrea rionegrensis. Dicho autor la dividió en dos secciones que juntas totalizan 550 metros de espesor. La sección inferior, con un espesor total de 290 metros, incluye a 70 metros basales de areniscas continentales, pelitas, y conglomerados con restos de plantas. Siguen 50 metros de areniscas y pelitas marinas con restos de Panope thomasi Ihering, Lahilia gigantea Feruglio, Ampullospira dubia Petersen y Olsacheria argentina. Los 170 metros superiores están compuestos por areniscas continentales y conglomerados con restos de plantas fósiles.

La sección superior tiene un espesor de 260 metros, con 70 metros basales de areniscas marinas y conglomerados con Malletia (Neilo) cf. rudis Wilckens, Eriphyla drygalskiana Wilckens, y Struthiolariopsis aff. ferrieri Wilckens. Siguen 30 metros de pelitas continentales con restos de plantas y por último, 160 metros de areniscas masivas con intercalaciones de calcarenitas con una fauna de Trigonia sp., Panope cf. inferior Wilckens, Martesia cazadoriana Wilckens, Galerus ex. aff. laevis Wilckens, Natica sp., Lunatia sp., Turritella ameghincii, y Cominella patagonica.

A pesar de que la fauna fósil es menos abundante en esta unidad que en la Fm Cerro Cazador, hay muchas especies comunes a ambas. La fauna descripta para la Fm Cerro Dorotea incluye a Ostrea rionegrensis Ihering, Lahilia gigantea Feruglio, Malletia gracilis Wilckens, Cytherea australis Feruglio, Natica correria Wilckens, Magellania cf. paliqueana Ihering, y Cinula pauper Wilckens. Además, se ha encontrado material orgánico y microfósiles (Hauthal, 1898; Kurtz, 1902; Berry, 1906; Cecioni, 1957; Menéndez, 1959, 1966, 1972; Hunicken, 1955; Charrier y Lahsen, 1969; Freile, 1972; Romero, 1973).

Feruglio (1938, 1949) asignó a la Fm Cerro Dorotea al Daniano, Hunicken (1955) considera a la sección inferior como daniana y a la superior paleocena a eocena. La Fm Cerro Dorotea no posee aún elementos diagnósticos que permitan establecer su edad exacta, pero por su posición en la secuencia (Freile, 1972) sería de edad maastrichtiana-paleocena.

La Fm Cerro Dorotea se correlaciona con la Fm Calafate pues ambas unidades representan facies transgresivas desarrolladas sobre una discordancia que se hace mas evidente hacia el norte del área estudiada.

Fm Río Turbio esta unidad aflora al oeste del valle del Río Turbio y su continuación norte por el valle del Río Guillermo (Fig 4) con un espesor variable de aproximadamente 600 metros, la mayor superficie abarcada por estos afloramientos se encuentra en el valle del Arroyo San José al sur y el Puesto de Cancha Carrera al norte, con un ancho de 9 Km. Se dispone concordantemente sobre la Fm Cerro Dorotea (contacto visible en los perfiles relevados por Hunicken en 1955 de Sierra Dorotea y Cancha Carrera) e infrayace en discordancia a las sedimentitas continentales de la Fm Río Guillermo (Hauthal, 1898; Brandmayr, 1945; Hunicken, 1955, Borello, 1956).

La Fm Río Turbio está compuesta por una sucesión de areniscas verdosas, macizas, de grano medio a grueso y estratificación entrecruzada con frecuentes intercalaciones de arcilitas grises y conglomerados. Abundan restos de bivalvos, braquiópodos y gasterópodos alternando con restos vegetales, y en la sección superior hay tobas y mantos de carbón. El ambiente de depositación es marino de transición, con etapas de marismas que posibilitaron la formación de estos mantos carbonosos en períodos de oscilación de la línea de costa. Hay también

episodios lacustres costeros desarrollados en clima cálido intercalados con sedimentos marinos de plataforma somera.

Hunicken (1955) divide a la Fm Río Turbio en dos secciones. La sección inferior, de 290 metros de espesor, está compuesta por conglomerados y areniscas medianas con niveles que contienen invertebrados fósiles y restos de plantas; en la parte superior se intercalan los mantos de carbón denominados inferior y superior. Entre los invertebrados se han citado: Venericardia cf. planicosta Lamark, Crassatella lyelli (Sow.), Cucullaea alta Sow, Glycymeris cuevensis Ihering, Lahillia gigantea Fer., L. Patagónica Ihering, Ostrea d'Orbigny Ihering, Pholadomya pholadoides Wilckens, Chione meridionalis, Struthiolarella sp., y braquiópodos. Entre las plantas hay coníferas, y abundantes dicotiledóneas representadas entre otros por los géneros Fagus, Nothofagus, quercus, Nectandra Phoebe, Lauraphyllum, Cupania y Myrcia.

La sección superior de 257 metros de espesor, está compuesta por areniscas de grano fino a grueso, en parte conglomerádicas, con los mantos de carbón denominados Mantos A, B y Dorotea hacia la parte media de la misma. Se alternan también niveles con invertebrados y plantas fósiles; entre los primeros se han citado: Cucullaea alta Sowerby, Glycymeris cuevensis Ihering, Ostrea maxima Hupé, Ostrea d'Orbigny Ihering, Chione argentina Ihering, Lahillia gigantea Feruglio, Venericardia sp., Solen crucis Ihering, Nuculla aff., pervicax Feruglio, Lahillia patagónica Ihering, Crepidula sp., Bouchardia sp., Caliptraea cf. americana. Entre los vegetales se han citado los siguientes géneros: fagus, Nothofagus, Allophylus, Cupania y Nectandra.

La flora de la Fm Río Turbio ha sido estudiada por Berry (1937),

Frenguelli (1941) y Municken (1955); el microplancton, por Archangelski (1968, 1969), las espóras y polen por Archangelski, (1972), y Romero (1973). Todos estos elementos indicarían una edad paleocena para la totalidad de la Fm Río Turbio (Riccardi y Rolleri, 1980).

Sin embargo, a pesar de esta abundancia de restos fósiles marinos y continentales en los distintos niveles de la unidad, la edad todavía permanece en discusión, Groeber (en Hoffstetter et al, 1957) llega a la conclusión que estos depósitos son Eocenos, basándose en que los conglomerados de base contienen rodados de Chubulitense de edad paleocena-eocena. Municken (1955) considera al conjunto como perteneciente al Eoceno-Oligoceno según la abundancia de flora fósil de clima cálido. Romero (1977) por estudios palinológicos de formas de gimnospermas y fagáceas propone una edad eocena para esta unidad.

El comienzo del Terciario en la base de esta unidad es entonces convencional pues es muy probable que al no existir discordancia entre el Cretácico y el Terciario en el área estudiada, parte de la Fm Cerro Dorotea subyacente sea Paleocena o Eocena, como se postula en este trabajo.

La Fm Río Turbio es correlacionada con la Fm Loreto de la región de Magallanes en Chile (Frenguelli, 1941; Feruglio 1949; Hoeffstetter et al, 1957), con las capas de Magallanes o Magallaneano (Hatcher, 1900), con el Magallanense inferior de Brandmayr (1945) que usualmente se presentan en el subsuelo de la cuenca. En este trabajo la Fm Río Turbio (cuadro 2) es correlacionada, al menos en parte, con la Fm Río Leona (ver también Riccardi y Rolleri, 1980).

Fm Río Guillermo. Este término fue utilizado por primera vez por Municken (1955) para la sección superior del Magallanense de Brandmayr (1945), anteriormente, Feruglio (1938) había incluido a esta unidad

dentro de la Fm Río Turbio.

La Fm Río Guillermo se dispone al este de los afloramientos de la Fm Río Turbio, con un espesor aproximado de 400 metros, suprayace a la Fm Río Turbio en discordancia (Hunicken, 1955; Borrello, 1956, Di Benedetto, 1972) con un conglomerado basal que alcanza los 40 metros de espesor, desde la región de Cancha Carrera al norte hasta la región de Alto Río Turbio al sur y está compuesta por una serie monótona y rítmica de conglomerados, areniscas de grano fino a grueso de colores grises, y arcillitas carbonosas dispuestos en secuencia granodecrecientes y en ciclos repetitivos, siendo la base de cada ciclo conglomerádica y de carácter erosivo. Predomina la estratificación entrecruzada y abundan los tallos, troncos y hojas de fagáceas y araucarias que pertenecen a los generos *Fagus* y *Nothofagus* y sugieren un ambiente de depositación continental de clima templado. Los clastos de los conglomerados son rodados que provienen de basaltos, andesitas, cuarzo, traquiandesitas, granitos, esquistos en proporción decreciente y poseen un diámetro mayor máximo de 20 cm, lo que presupone un área de aporte relativamente cercana.

La edad de la Fm Río Guillermo es miocena para Hauthal (en Kurtz, 1902) , oligocena superior a miocena para Hunicken (1955) y para Riccardi y Rolleri (1980). Para Danderfer (1981) esta unidad es de edad eocena a oligocena inferior o medio. Esto permite correlacionarla, al menos en parte, con la Fm Río Leona (Di Benedetto, 1972) y con el Magallaniano superior terrestre del subsuelo.

Fm Arroyo Dre esta unidad aflora con un espesor de 280 metros en la región del Valle del Río Turbio, entre las Estancias La Primavera y Tres Marias en dirección a la Sierra Chica (Fig 4) como un monoclinal que de

rumbo N-S que buza al este con un ángulo de 8 grados. Esta compuesta por bancos de conglomerados gruesos, con rodados de hasta 20 cm de elongación, areniscas medias a gruesas de colores pardos y tobas de colores amarillentos. Hay restos vegetales, troncos silicificados y también restos de invertebrados marinos intercalados como *Ostrea rionegrensis* y *Ostrea tomasi*.

La Fm Arroyo Oro se apoya en relación de discordancia erosiva sobre la Fm Rio Guillermo, no pudiéndose observar el contacto con la Fm Santa Cruz sobreyacente (Danderfer, 1981).

Danderfer (op.cit.) dividió a esta unidad en dos miembros, uno continental inferior de 53 metros que corresponde a un "ambiente de llanuras de inundación en zona de marismas y ríos anastomosados" en un ambiente de mayor energía. Este Miembro sería equivalente para este autor a la Fm Rio Leona del Oligoceno. Luego de un importante nivel de tobas sigue el miembro superior, de 227 metros de espesor, que se corresponde a un ambiente marino litoral a sublitoral y sería equivalente a la Fm Centinola del Mioceno inferior.

La Fm Arroyo Oro ha sido incluida dentro de la Fm Rio Guillermo por Russo et al. (1980) como capas conglomerádicas y areniscas con fósiles marinos aflorantes hacia el techo de esta unidad; posteriormente, Danderfer (1981) denomina a esta capas Fm Arroyo Oro (o Fm La Escondida en informes preliminares).

PETROGRAFIA

Dos metodos diferentes fueron utilizados para estudiar la composición mineralógica de los sedimentos cretácicos superiores y terciarios inferiores de la Cuenca Austral: la mineralogía de arcillas y la petrografía de areniscas.

Mineralogía de arcillas

METODOLOGIA

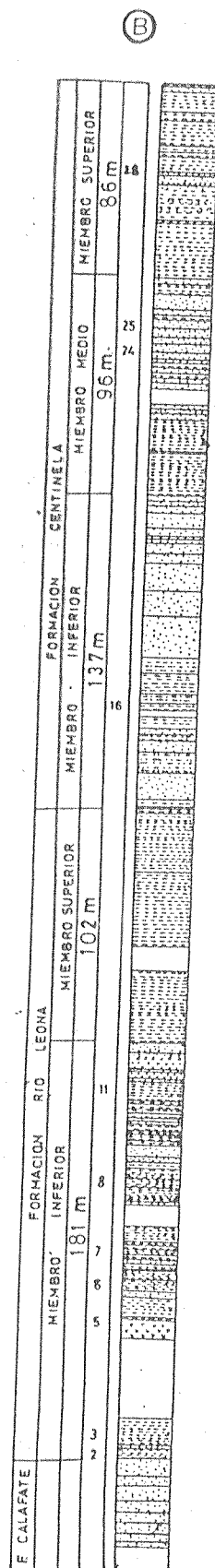
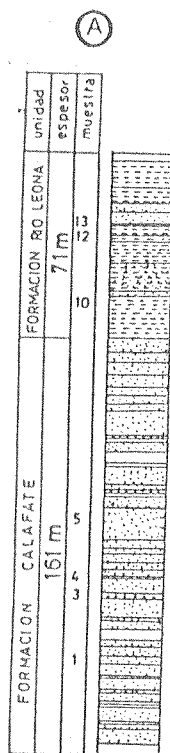
Se estudiaron 47 muestras de pelitas intercaladas en los siguientes perfiles (Fig 2, 3, 19, 20 y 21): Estancia La Anita (7 muestras en dos perfiles), Cerro Cazador (5 muestras), Estancia Quién Sabe (7 muestras), Arroyo Norte de las Bandurrias (11 muestras), Río Guillermo (5 muestras), Arroyo Oro (7 muestras) y Río Turbio (5 muestras). Los últimos cinco perfiles fueron relevados por la Comisión Geológica de superficie de Yacimientos Petrolíferos Fiscales dirigida por el Dr Hugo Arbe en la provincia de Santa Cruz. Estas muestras pelíticas, que corresponden a las formaciones La Anita, Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea, Río Turbio y Río Guillermo (cuadro 4) no están espaciadas uniformemente debido al espesor variable de las areniscas intercaladas y también porque las sedimentitas se encuentran parcialmente cubiertas (Anexo).

La variación composicional en tiempo y espacio de estas pelitas resulta de interés, ya que complementa la información suministrada por la petrografía de areniscas y permite realizar inferencias acerca de la evolución tectosedimentaria, de la paleogeografía y la caracterización de las áreas de aporte de la cuenca.

La composición y abundancia relativa de los argilominerales presentes en las rocas estudiadas fueron determinados por difracción de



Fig 19-Mapa de ubicación de los perfiles estudiados en la región comprendida entre el Lago Argentino y la localidad de Río Turbio.



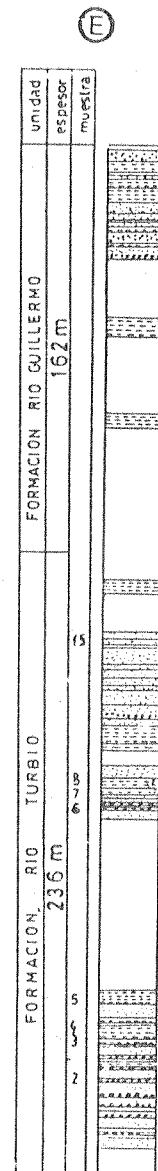
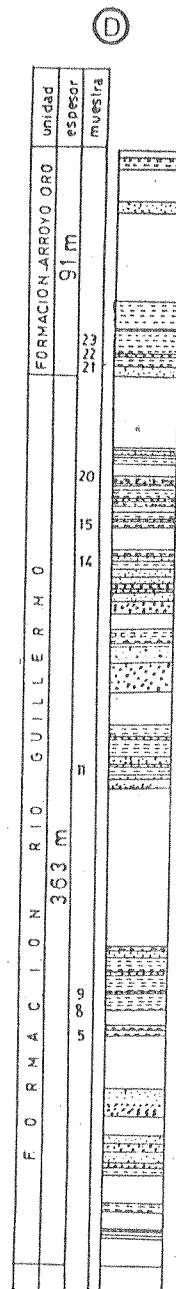
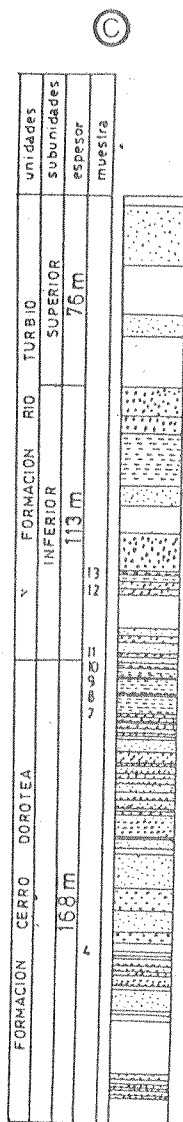


Fig 21-Perfiles en las localidades de Río Guillermo (C), Arroyo Oro (D) y Río Turbio (E), con la ubicación de las muestras pelíticas analizadas químicamente y por difracción de rayos X.

	nues	montm.	clorita	int. I-M	illita	caolin.	ceolita	qz+fto	total
Fm Cala- fate	3	50	0	0	0	15	10	25	100
	4	30	0	0	15	15	10	30	100
	5	60	0	0	0	0	20	20	100
Fm Rio Leona	10	60	0	0	0	0	0	40	100
	11	50	0	0	0	0	0	50	100
	12	80	0	0	0	0	0	20	100
	13	70	0	0	0	0	10	20	100
								0	
	2	50	0	0	0	0	0	50	100
	3	60	0	0	0	0	10	30	100
	5	40	0	0	0	20	0	40	100
	7	60	0	0	0	0	0	40	100
	11	70	0	0	0	0	10	20	100
Fm Centinela	16	20	0	0	0	0	0	80	100
	24	70	0	0	0	0	10	20	100
	25	70	0	0	0	0	10	20	100
	28	60	0	0	10	0	0	30	100
	30	60	0	0	0	0	10	30	100
	32	60	0	0	0	10	0	30	100
Fm Rio Guillermo	5	60	0	0	0	0	15	25	100
	9	70	0	0	0	0	10	20	100
	11	60	0	0	0	10	10	20	100
	14	70	0	0	0	0	10	20	100
	20	40	0	0	20	10	10	20	100
Fm A° Oro	21	40	0	0	10	20	0	30	100
	23	60	0	0	10	10	0	20	100
Fm Rio Turbio	2	60	0	0	0	0	15	25	100
	4	40	0	0	0	10	15	35	100
	5	50	0	0	0	0	10	40	100
	6	60	0	0	10	0	0	30	100
	8	60	0	0	0	0	0	40	100
	12	40	0	0	0	15	20	25	100
Fm Cerro Dorot.	4	20	0	0	0	0	40	40	100
	8	40	0	0	0	10	10	40	100
	10	70	0	0	0	0	10	20	100
Fm Rio Tur	13	50	0	0	0	0	20	30	100
Fm La Anita	b2	10	0	0	50	15	0	25	100
	b4	0	0	15	40	15	0	30	100
	b8	10	5	0	50	15	0	20	100
	b19	15	0	0	50	10	0	25	100
	a21	0	0	20	40	10	0	30	100
	a29	0	0	20	40	20	0	20	100
	a31	0	0	35	0	25	0	40	100
Fm Cerro Cazador	f2	0	20	0	30	25	0	25	100
	f4	0	20	0	30	25	0	25	100
	e3	0	0	70	15	5	0	20	100
	e6	0	0	65	5	0	0	20	100
	012	0	0	70	0	10	0	20	100

Cuadro 4-Resultados del análisis difractométrico de las arcillas
en cada muestra

rayos X, con radiación K α de Cu (λ :1.54 Å) en goniómetro vertical a 36 KW, 18 MA, constante de tiempo 1 seg y con conteo de 50.000 cuentas/seg. Los tratamientos de las muestras orientadas fueron de forma normal, sometidas a tratamiento con etilenglicol y calcinadas a 550° C, 12 de las mismas fueron procesadas, además, con tratamiento ácido (Figs 22 y 23 y Apéndice I).

Los datos suministrados por la difracción de rayos X indican la presencia de: a) arcillas expansivas como las esmectitas, que aumentan su diespaciado a 17 Å luego del tratamiento con etilenglicol, b) un mineral no expansivo, con un diespaciado de 14 Å, que se corresponde con el grupo de las cloritas, c) y otro mineral de la misma naturaleza a los 10 Å que pertenece al grupo de la illita. También en las muestras analizadas se verificó la presencia de picos a los 3.5 Å y 7 Å como resultado de la presencia de caolinita y clorita; hay asimismo, cantidades variables de cuarzo (3,33 Å), feldespato (3,18 Å), ceolitas (8,9 Å) y arcillas interestratificadas del tipo illita-montmorillonita (IM 11 Å). Los principales minerales detectados por difracción de rayos X, con sus correspondientes diespaciados, se detallan en el cuadro 5.

Técnicas analíticas

Se brinda a continuación un resumen de los procedimientos seguidos para la preparación de muestras normales, glicoladas, y calcinadas. Los mismos son descriptos en forma detallada en el apéndice I.

Preparación de las muestras normales

- 1) Se muelen muy suavemente las muestras en mortero de ágata, para luego colocarlas en recipientes de 50 ml.
- 2) A cada muestra se agregan 40 ml de agua destilada, se agita fuertemente durante 45 segundos y se deja decantar 2 minutos.

- 3) En las muestras de difícil dispersión se agregan 40 ml de calgón al 4 % -hexametafosfato de sodio- $[\text{Na}_2(\text{PO}_3)_6]$ y se deja reposar.
- 4) Se agita durante 3 minutos, y luego se deja decantar 2 minutos.
- 5) Con una pipeta aforada se extrae una alícuota de la arcilla en suspensión de la parte superior del recipiente y se coloca sobre porta-objetos de vidrio de dimensiones estándar.
- 6) Se deja secar durante 48 horas permitiendo que las partículas decanten y se orienten, para luego proceder al análisis difractométrico. Se preparan tres submuestras para cada uno de los tratamientos mencionados.

Glicolación

Luego del procedimiento anterior, se exponen los porta objetos con las muestras a vapores de etilenglicol durante 48 horas, para luego proceder al análisis difractométrico.

Calcinación

Luego del procedimiento de preparación de muestras normales, se colocan los porta-objetos en un horno a 500 grados centígrados durante 2 horas, para luego proceder al análisis por difracción de rayos X.

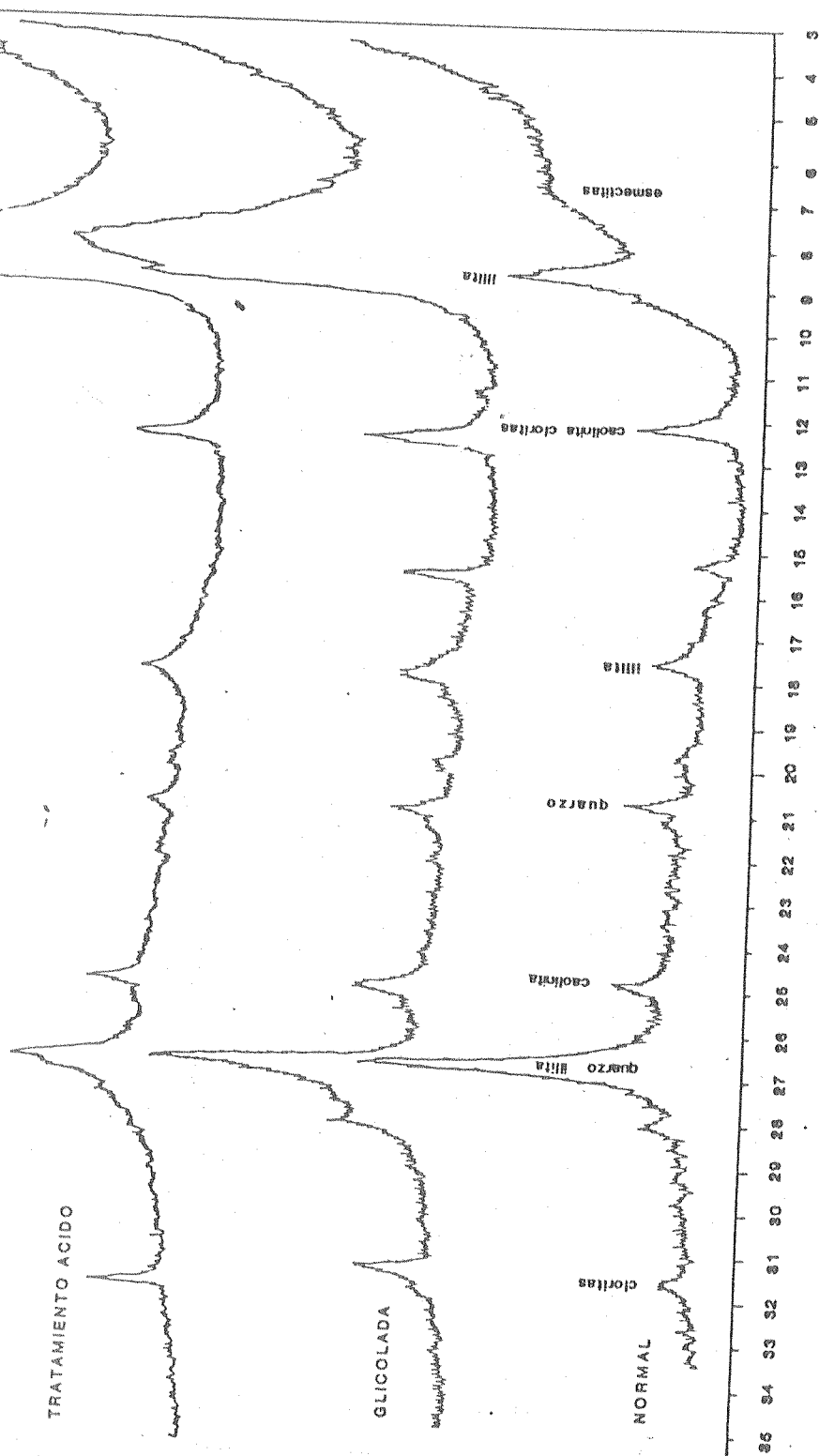
Tratamiento ácido

Este tratamiento permite diferenciar a las cloritas de las caolinitas, ya que el calentamiento hasta 90 grados centígrados de la muestra en HCl 12N durante 15 minutos, elimina a la clorita pero no a la caolinita (Hower y Mowat, 1966). Los procedimientos seguidos, paso a paso, se detallan en el apéndice I.

Análisis cualitativo

Los diagramas de difracción de rayos X permiten obtener los valores de los espaciados de familias de planos atómicos de cada mineral, lo que

SECCION 2
MUESTRA b19

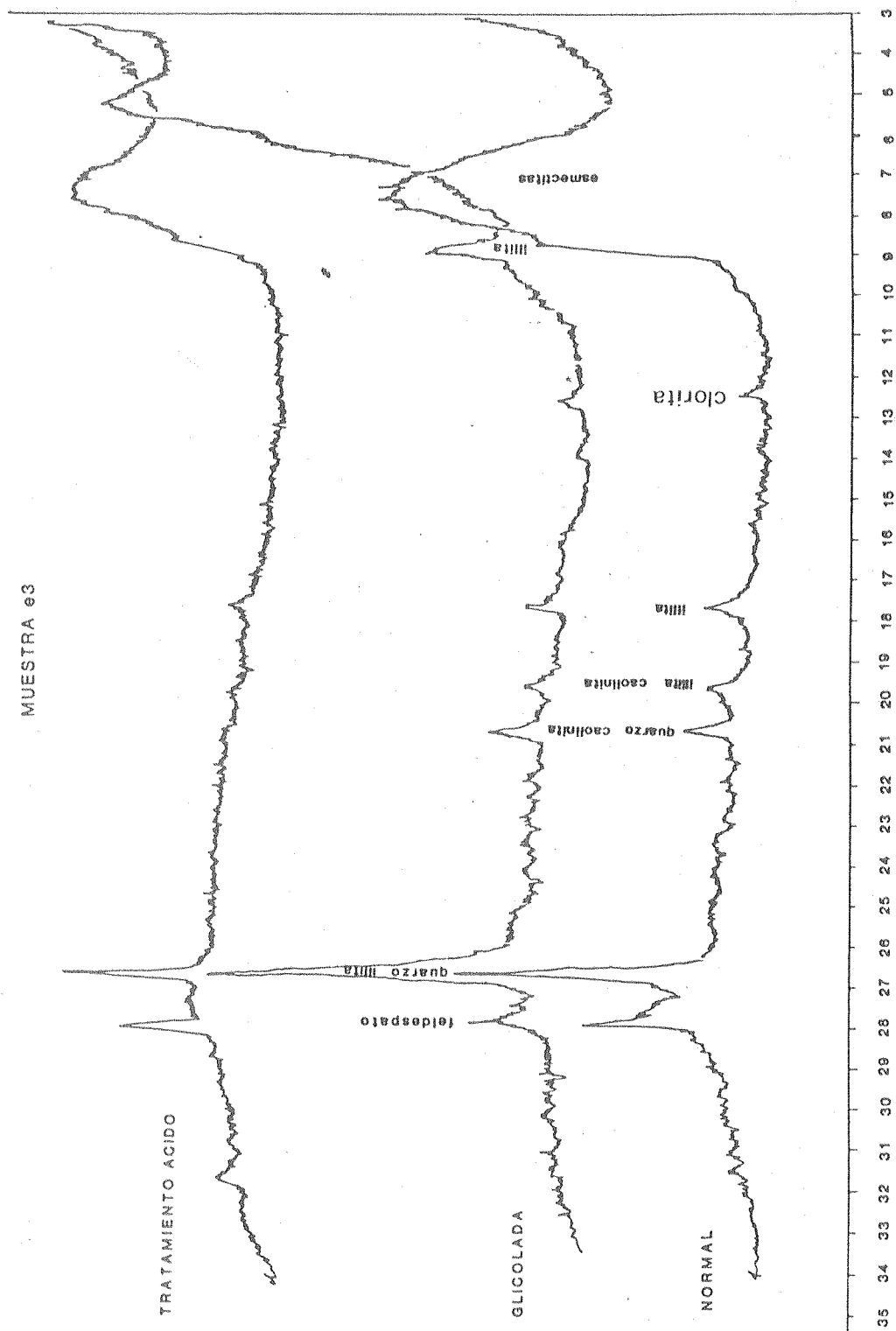


29

Fig 22-Difractogramas de la argilofacies illita-caolinita en la Fm La Anita (perfil 2).

SECCION 5

MUESTRA e3



20

Fig 23-Difractogramas de la argilofacies esmectita-ceolita en la Fm
Cerro Cazador (perfil 5).

pequeño tamaño de las partículas o a la mala cristalinidad, la medición de la altura de los picos no será una buena estimación de la intensidad.

2) Si el tamaño de grano de la muestra no es suficientemente pequeño (menor a 5μ), se produce un error relativamente grande en la medición de la altura de los picos debido al reducido número de partículas que contribuyen a la difracción para un ángulo determinado.

3) Un factor adicional a considerar, antes que los datos de intensidad puedan ser comparados en forma directa, es aquel que no depende del tamaño de grano como en los casos anteriores, sino que se vincula con el valor del ángulo 2θ de difracción en relación a la posición de los planos 001, según la función $\sin \theta/\lambda$ (Johns et al., 1954). A causa de este fenómeno físico de dispersión, antes de proceder a la comparación directa de las intensidades de los picos para su estimación cuantitativa, los valores de intensidad de cada mineral deben ser multiplicados por los siguientes factores de corrección:

caolinita x 2	illita x 4	montmorillonita x 1
clorita x 2	cuarzo x 1.3	faldespato x 2

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, la intensidad de difracción integrada pueda ser definida con el empleo de dos métodos diferentes; medición del área encerrada bajo los picos y sobre el fondo estimado, o se puede tomar el producto de la altura del pico por su ancho medio (Norrish y Taylor, 1962). En este estudio se utilizó el primer método, con la estimación de las abundancias de los argilominerales en cuatro categorías: muy escaso (0-25%), escaso (25-50%), abundante (50-75%), y muy abundante (75-100%) como se aprecia en los gráficos de variación vertical de la composición de las pelitas en cada una de las secciones estudiadas (Figs 24 y 25, y apéndice I). Este

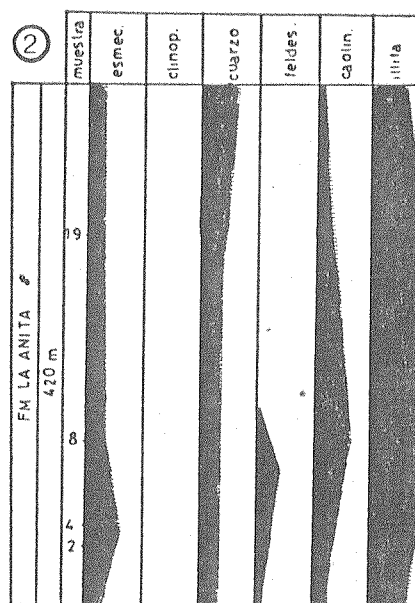


Fig 24-Argilofacies illita-caolinita. Abundancias relativas de los minerales la sección de la Estancia La Anita (perfil 2).

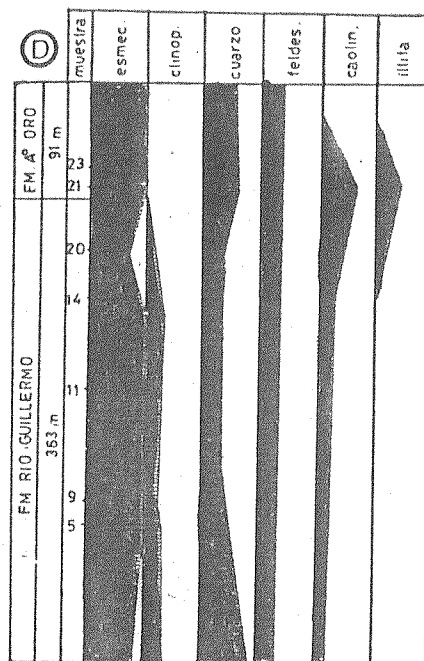


Fig 25-Argilofacies esmectita-ceolita. Abundancias relativas de los minerales en la sección Arroyo Oro (perfil D),

método fue elegido debido a que proporciona resultados rápidos y ajustados sin la necesidad de curvas de calibración que se utilizan con muestras estándar.

También para observar las abundancias relativas y tendencias composicionales en estas pelitas, se han utilizado diagramas triangulares para cada unidad estratigráfica (Figs 26, 27, 28, 29 y 30).

RESULTADOS

- 1) En la secuencia estudiada se observa claramente la presencia de dos asociaciones de argilominerales y zeolitas a las que podemos denominar como: argilofacies esmectitas-clinoptilolita para las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea, Río Turbio, Río Guillermo y Arroyo Oro (Figs 23 y 25); y asociación illita-caolinita para la Formación La Anita (Figs 22 y 24).
- 2) El cuarzo y el feldespato son abundantes y no presentan una asociación específica con ninguna de las argilofacies anteriores. La clorita sólo se presenta en forma escasa cerca de la base de la Formación Cerro Cazador y hacia el techo de la Formación La Anita (cuadro 4).
- 3) Las arcillas interestratificadas del tipo IM (illita-montmorillonita) aparecen asociadas a ambas argilofacies en el caso de las formaciones La Anita y Cerro Cazador (cuadro 4).
- 4) Se observa predominio de las argilofacies esmectíticas hacia el techo de la secuencia. Dicha tendencia es consistente con los resultados de Iñiguez y Decastelli (1984) para muestras pelíticas del subsuelo de edades cretácicas superiores a terciarias inferiores.

INTERPRETACION

La formación de argilominerales está controlada por la roca madre, el clima, el relieve, la red de drenaje, el transporte, la diagénesis y las condiciones geoquímicas. Todas estas variables interactúan para generar un determinado tipo de argilomineral, aunque -según el caso- los procesos tienen distinto grado de importancia como controles de esta generación. Así, por ejemplo, la caolinita se forma por la degradación intensa y la hidrólisis de los feldespatos, representando uno de los productos finales de la meteorización de granitos. Cloritas e illitas se forman bajo condiciones menos intensas de meteorización física y química. Las esmectitas y las ceolitas, en cambio, se forman por la alteración y diagénesis de rocas volcánicas y piroclásticas.

En este estudio se confirma que la presencia y abundancia relativa de las esmectitas en la pelitas está relacionada con la proporción de líticos volcánicos de las areniscas intercaladas. La illita y la caolinita, en cambio, son más abundantes donde las esmectitas y ceolitas escasean (cuadro 4). Se evidencia entonces que los argilominerales son de naturaleza detritica y que dependen de la composición de las rocas generadoras.

En las pelitas más antiguas, la abundancia del interestratificado IM (illita-montmorillonita) y de illita puede deberse a la conversión montmorillonita--illita producida por el soterramiento y la diagénesis de la montmorillonita (Hoffman y Hower, 1979). Este efecto que oculta la "huella" de la roca madre sobre los minerales de las arcillas debe ser tenido en cuenta, especialmente en el caso de las formaciones La Anita y Cerro Carador, donde ambas argilofacias detriticas aparecen asociadas a este interestratificado. La génesis de este argilomineral todavía es tema de discusión, LLuch y Spalletti (1976) para un caso particular en sedimentos actuales, lo atribuyen, al menos en parte a procesos de

MÍNERAL	muestra normal (Å)	muestra glicolada (Å)	muestra calcinada (Å)
ILLITA	10	10	10
ESMECTITAS	14-15	17-18	10
CAOLINITA	7.1	7.1	-
CLORITA	14	14	14
CLINOPTILOLITA	9	9	-
CUARZO	4.26	-	-
FELDSPATO	3.17	-	-
CALCITA	3.03	-	-

Cuadro 5-Picos difractométricos principales para muestras normales, glicoladas y calcinadas.

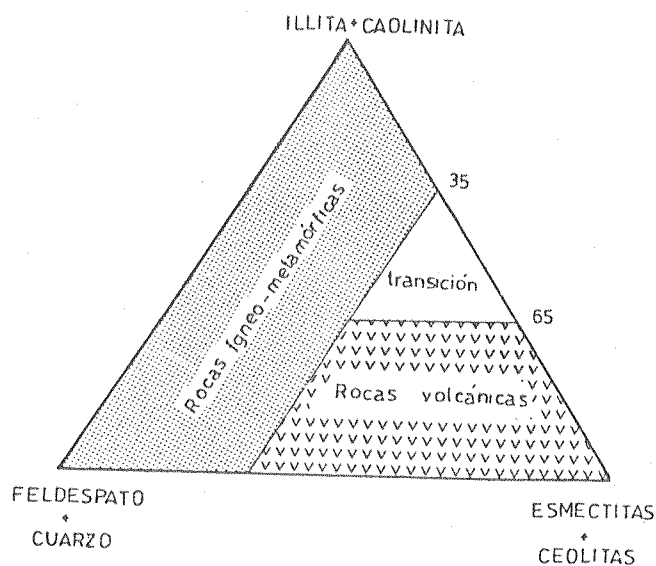


Fig 26-Triángulo preliminar de clasificación de rocas generadoras de arcillas.

degradación durante el transporte.

Aunque nuestros datos no permiten hacer mayores inferencias, optamos por suponer que dicho interestratificado se forma a partir de la alteración y/o transformación de las esmectitas, que por otra parte, son abundantes en toda la secuencia,

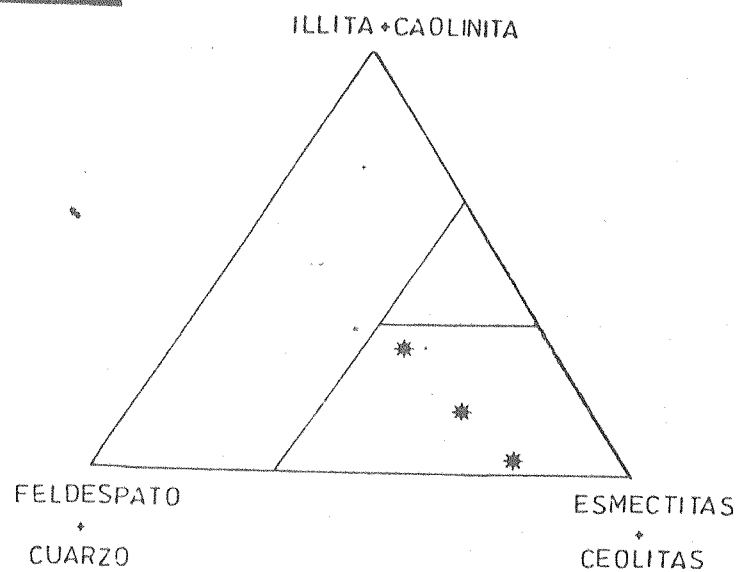
La composición de las argilofacies estudiadas, puede ser representada en un diagrama triangular preliminar para clasificar a las rocas generadoras de arcillas (Fig 26). En nuestro caso particular, las rocas plutónico-metamórficas se corresponden geotectónicamente con un cratón o área estable y las rocas volcánicas con un arco magmático. Los límites de los campos son tentativos pues se hacen necesarios mayores estudios en cuencas diferentes para ajustarlos con precisión.

Las pelitas, de esta manera, constituyen una herramienta orientadora en la determinación de áreas de procedencia cuando no han sido sometidas a diagénesis profunda, pudiendo reemplazar a la información suministrada por la petrografía de los sedimentos más gruesos cuando estos últimos no afloran o bien no se encuentran disponibles para ser estudiados.

Marco tectónico y procedencia de las argilofacies

Las unidades formacionales estudiadas fueron depositadas en una cuenca de antepaís (Dott et al., 1982, Biddle et al., 1987) desarrollada a partir del Cretácico superior. Las argilofacies sugieren que durante este lapso geológico, el aporte de sedimentos a la cuenca se produjo a partir de rocas plutónico-metamórficas ubicadas al norte para la formación La Anita (Fig 27) y a partir de rocas volcánicas ubicadas al oeste para las formaciones Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea (Figs 27 y 28).

Fm Calafate



Fm La Anita

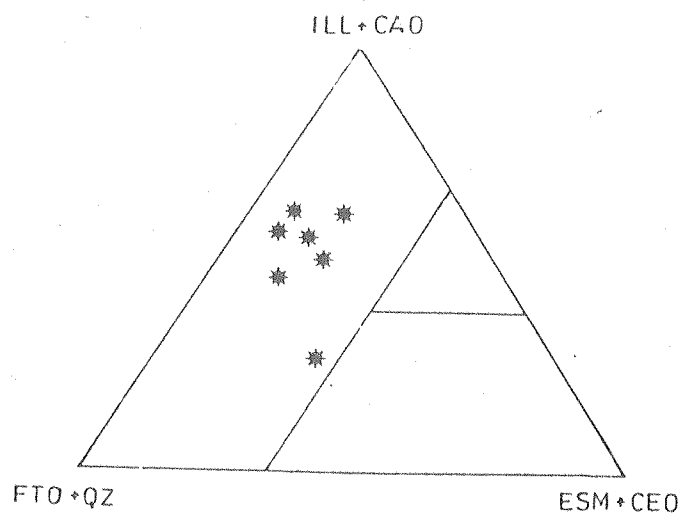
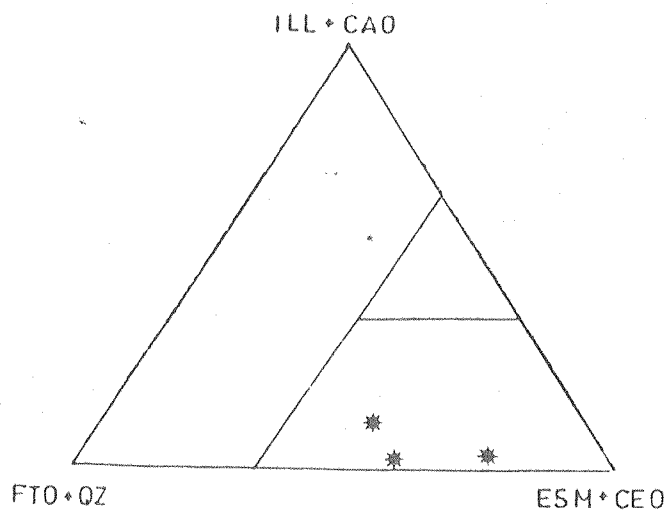


Fig 27-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Calafate y La Anita.

Fm Cerro Dorotea



Fm Cerro Cazador

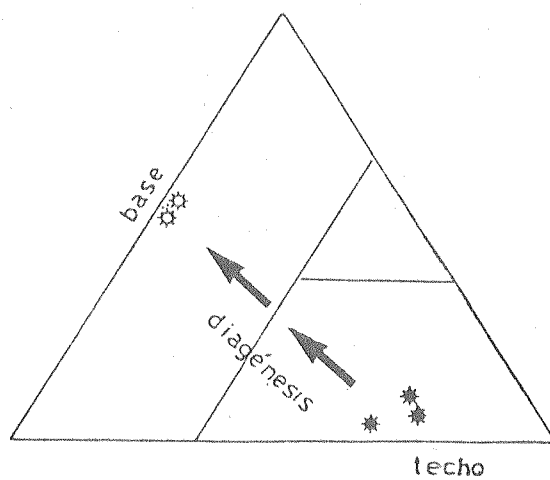
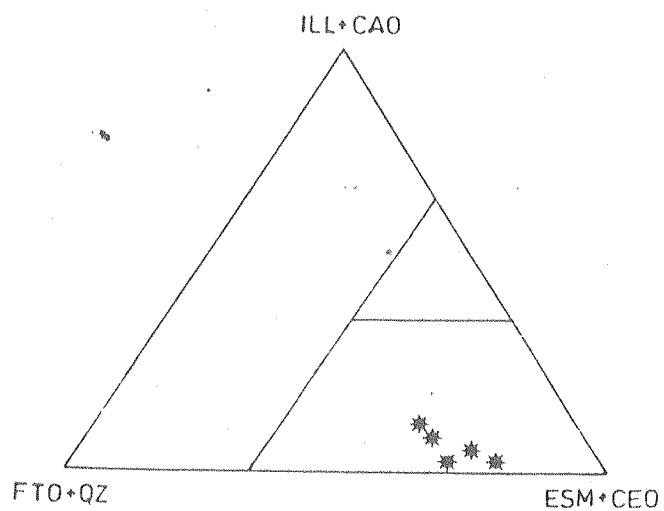


Fig 28-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Cerro Dorotea y Cerro Cazador.

Fm Centinela



Fm Rio Leona

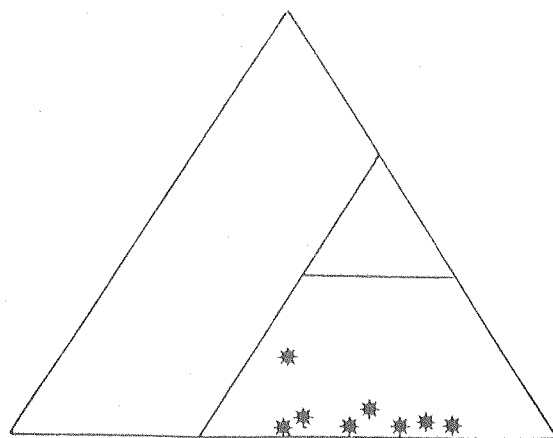
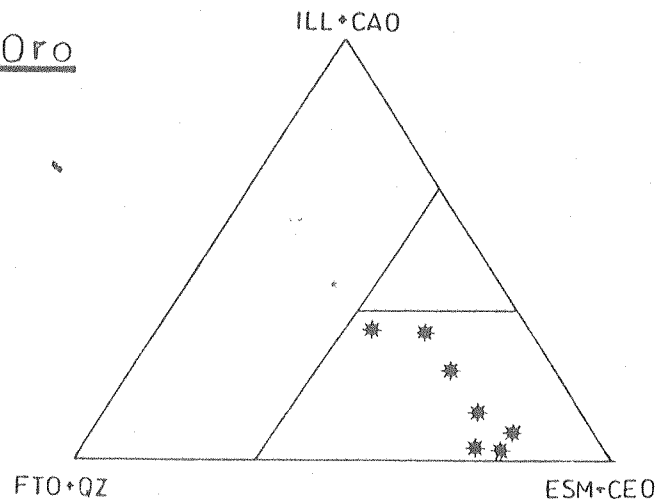


Fig 29-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Centinela y Río Leona.

Fm Río Guillermo

y

Fm A° Oro



Fm Río Turbio

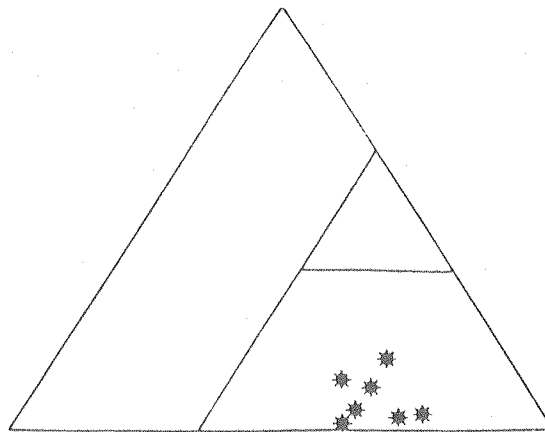


Fig 30-Diagramas triangulares para las pelitas de las formaciones Río Guillermo y Arroyo Oro, y Río Turbio.

Durante el Terciario inferior, el eje de la cuenca se desplazó hacia el este a medida que la cordillera se fue sobreelevando y el aporte se dio en forma casi exclusiva por la erosión de los terrenos volcánicos anteriormente mencionados. Esto queda sugerido por el carácter esmectítico y ceolítico de las argilofacies correspondientes a las formaciones Río Leona, Centinela, Río Turbio, Río Guillermo y Arroyo Oro (Figs 29 y 30).

CONCLUSIONES

Dos argilofacies diferentes han sido reconocidas en los sedimentos cretácicos superiores y terciarios inferiores de la Cuenca Austral Argentina. Una rica en esmectitas y clinoptilolita, asociada a los detritos provenientes de un arco magmático que se ubicaba al oeste para las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea, Río Turbio, Río Guillermo y Arroyo Oro; y otra rica en illita y caolinita asociada a los detritos provenientes de áreas cratónicas ubicadas hacia el norte, para la formación La Anita (cf. Figs 27 a 30).

Se propone también en este capítulo, un diagrama triangular preliminar para la clasificación de rocas generadoras de arcillas (Fig 26).

CONSIDERACIONES PREVIAS

Numerosos trabajos (Dickinson y Suczek, 1979, Dickinson et al., 1983, Valloni, 1984 entre otros) establecen una estrecha relación entre la composición de las areniscas, la procedencia y el tectonismo (marco tectónico) de las áreas de aporte y de las cuencas sedimentarias.

Existen varios modelos de diagramas ternarios, que según las proporciones relativas de los principales minerales constituyentes de estas rocas, determinados por el análisis modal en corte delgado, clasifican a las mismas según provengan de un arco magmático (disectado, transicional, o no disectado), un orógeno reciclado (cuarzoso, transicional o lítico) o un bloque continental (de interior de cratón, transicional o basamento sobreelevado) (Dickinson et al, 1983). Otros, como Valloni (1984) definen modelos más complicados con varios campos de procedencia que llegan a superponerse en el mismo diagrama.

Mediante este método es posible cuantificar la cantidad de material proveniente de una cordillera emergente o de un cratón o área estable. Junto con la interpretación paleoambiental, las determinaciones de procedencia y marco tectónico permiten reconstruir la historia y evolución sedimentaria de la cuenca. Vale destacar que las modas detríticas son aptas para inferir el ambiente tectónico donde afloran y se desintegran las rocas "generadoras" y no el de las áreas de depositación, puesto que sólo en aquellos casos en los que hubo relativamente poco transporte, ambos ambientes coinciden.

Para poder ubicar a las muestras en los diagramas, que resulten comparables entre sí y comprender los desplazamientos de dichas modas en los triángulos composicionales, se deben considerar previamente una serie de factores condicionantes en el análisis de las modas detríticas.

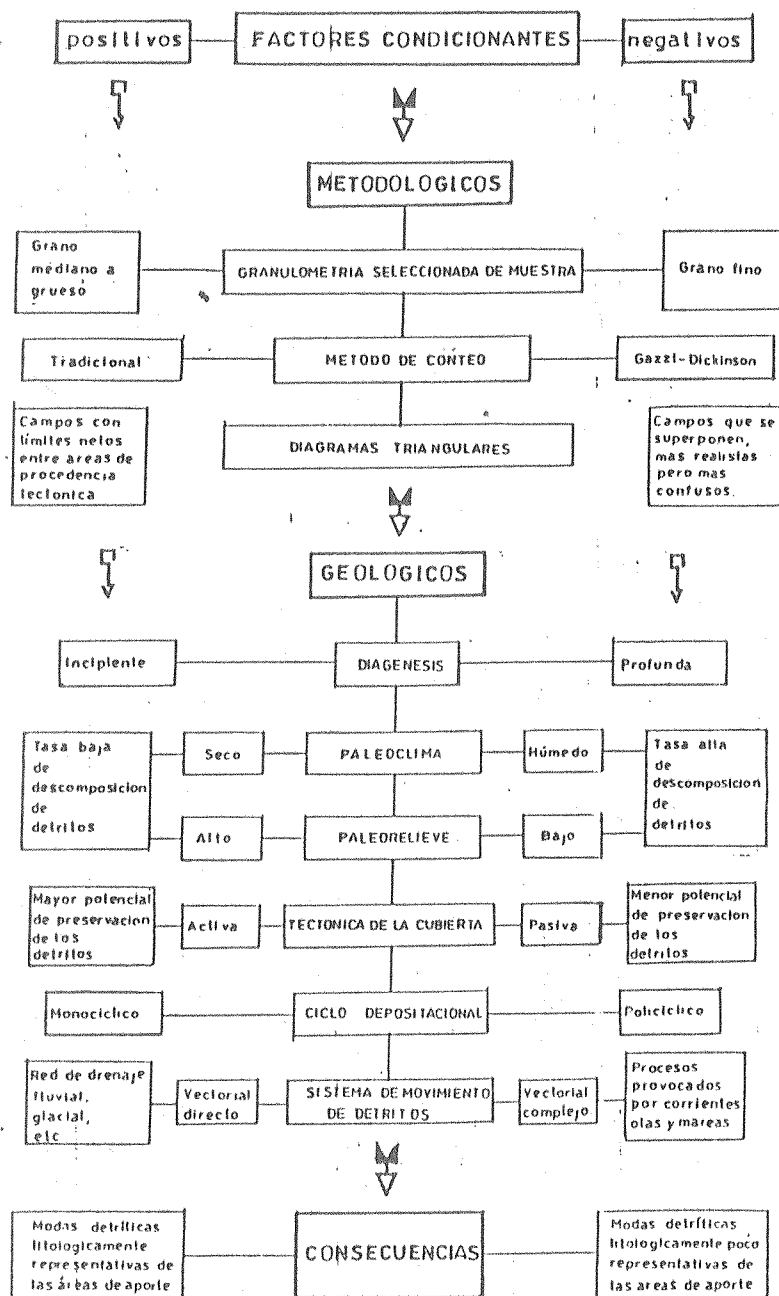


Fig 31-Diagrama de flujo de los factores condicionantes en el análisis de las modas detríticas en areniscas.

Los mismos se detallan en la Fig 31.

GRANULOMETRIA

La influencia del tamaño de grano en la composición de los sedimentos psamíticos ha sido estudiada por varios autores. Harrell y Blatt (1978), por ejemplo, han comprobado que la abrasión selectiva altera la composición original e induce a errores en las interpretaciones de procedencia, ya que en los agregados policristalinos, la durabilidad del material no meteorizado se incrementa con la disminución del tamaño de grano. Por esta razón, dichos agregados son más abundantes en las fracciones gruesas.

Se conoce desde hace tiempo que las rocas psamíticas son las que muestran mayores variaciones composicionales con el cambio granulométrico (cf. Blatt et al, 1972), pero existe aún incertidumbre en la determinación de los intervalos granulométricos de las arenas que conservan mayor información acerca de las rocas que les dieron origen. Asimismo, no se han desarrollado técnicas para eliminar o neutralizar la dependencia de la composición según el tamaño de grano.

Algunos de los interrogantes que se plantean al respecto son:

- a) El grado de correlación que existe entre el tamaño de grano y la composición de las arenas.
- b) El tamaño de grano más apropiado para determinar la procedencia mediante el análisis modal en corte delgado de estas rocas.
- c) Influencia del ambiente de depositación sobre el tamaño de grano y la composición.

Vale destacar, en este sentido, que en los principales trabajos sobre procedencia existe, en muchos casos, un tratamiento indiscriminado del tamaño de grano de las areniscas en lo que hace a su relación con la

composición. Al respecto, sería importante poseer un método "estándar" de conteo, con intervalos granulométricos definidos, que junto con la publicación completa de las tablas de datos primarios no recalculados, permitan la comparación de los resultados a nivel mundial.

Las areniscas gruesas, en gran medida, conservarían la "huella" de las rocas generadoras. Las areniscas finas, a su vez, al ofrecer una mayor superficie específica a los fenómenos de alteración, son más susceptibles a los cambios composicionales diagenéticos, además de las evidentes dificultades prácticas para su estudio óptico detallado en corte delgado. Es por esto que la franja de areniscas de tamaño de grano mediano a muy grueso parece ser la más atractiva para los estudios de procedencia.

METODO DE CONTEO

Si bien la estandarización es una meta importante en el desarrollo de cualquier procedimiento científico, ningún método es mejor que otro per sé, sino por los objetivos buscados en el estudio. La eficiencia, rapidez y certeza con que estos objetivos sean alcanzados, dentro del contexto de los datos disponibles, condicionan al método elegido.

La composición modal de areniscas es función de la metodología empleada en el conteo. La misma información puede presentarse de formas diferentes según se usen distintos métodos de conteo en corte delgado.

Dos de estos métodos de conteo son los más utilizados (Ingersoll et al., 1984): el de Gazzi-Dickinson y el método tradicional (Zuffa, 1984). En el primero, se pondera como cristaloclasto a todo mineral con un tamaño dentro del grado arena (mayor a 62 μ), aún aquél que forma parte de un fragmento de roca (por ej. fenocristal de plagioclasa en fragmento lítico andesítico). De esta manera, se subestima en las modas detríticas finales la proporción de fragmentos líticos. En el

tradicional, los fragmentos líticos se contabilizan como tales independientemente del tamaño de grano de los componentes individuales, y al ejemplo mencionado más arriba, se lo contabiliza como fragmento volcánico. A pesar de que en este último método se pierde detalle en la información que suministra el corte delgado de roca, se gana precisión en la caracterización de la fuente de aporte plutónica, volcánica, metamórfica o sedimentaria.

Se hace necesario unificar los métodos de conteo a los fines de la comparación entre los distintos trabajos de análisis de procedencia de psamitas. En nuestra opinión, el método tradicional parece ser el más útil para ello, ya que estima correctamente a la proporción de fragmentos líticos y a la madurez composicional a pesar de estar influenciado por el tamaño de grano. El método de Gazzi-Dickinson, ha sido recomendado y utilizado para estudios de diagénesis, aunque en la actualidad, es ampliamente usado en todo tipo de estudios.

DIAGRAMAS TRIANGULARES

Como se ha visto, existe un número considerable de diagramas ternarios o triangulares que con la definición de campos tratan de evidenciar al ambiente tectónico de las áreas de procedencia. No obstante, en muchos casos, los mismos constituyen un modelo demasiado simplificado de lo que puede suceder en áreas asociadas a cuencas sedimentarias.

Los diagramas más populares de Dickinson, por ejemplo, proponen modelos tectónicos que pueden estar, a la luz de los conocimientos actuales, simplificados en exceso, pues parecen visualizar la dinámica de la corteza en planos perpendiculares a la misma, subestimando a todos aquellos elementos corticales arquitecturales que se generan y se

evidencian en planta, como a los grandes sistemas transcurrentes.

Por otro lado, el uso indiscriminado de la composición modal de areniscas como un medio para evidenciar a los ambientes tectónicos ha subestimado a los casos de areniscas "anómalas" (Maack, 1984) en donde se reconocen a:

1-areniscas derivadas de áreas de aporte relícticas (ver Spalletti et al., 1989).

2-areniscas que han modificado su composición inicial por retrabajo y mezcla del ambiente sedimentario, meteorización y efectos paleoclimáticos.

3-areniscas depositadas en ambientes tectónicos aún no representados en los diagramas.

4-areniscas con clastos calcáreos (Zuffa, 1980).

5-areniscas cuarzosas provenientes de áreas de aporte donde abundan rocas volcánicas.

6-areniscas líticas generadas -por ejemplo- en un plateau basáltico.

Los diseños de diagramas de composición deben tener en cuenta a estos aspectos que implican un conocimiento profundo de los criterios necesarios para elegir muestras comparables y de los modelos geotectónicos actuales. Deben, entonces, contemplar a todas las posibles áreas de procedencia con el menor número de excepciones posibles.

En esta tesis se emplean diagramas triangulares de composición de areniscas para determinar su procedencia utilizando modelos geotectónicos actuales. El estudio integrado de las características geológicas de la cuenca, las paleocorrientes, el relieve, el paleoclima, y demás factores condicionantes metodológicos y geológicos (Fig 31) mejoran sustancialmente la calidad de este análisis.

DIAGENESIS

La diagénesis en areniscas, por lo general, no impide determinar la procedencia, ya que los constituyentes mineralógicos principales e indicativos de las áreas de aporte tienen aceptable grado de preservación como parte del esqueleto de la roca. Por el contrario, la porosidad intergranular primaria y la permeabilidad se reducen drásticamente en las etapas iniciales debido a procesos como la compactación mecánica, cementación, recristalización y reemplazos. En areniscas, la compactación puede producir intensa deformación de líticos de grano fino y generar la llamada "pseudomatriz" (Dickinson, 1970). En este caso, el estudio de las modas detríticas debe hacerse muy meticulosamente a los fines de evitar errores de conteo que conduzcan a una equivocada definición de petrofacies.

Los procesos diagenéticos están a su vez influenciados por la procedencia, los ambientes de depositación y el ámbito tectónico (Hayes, 1979). Estos factores se interrelacionan y controlan no sólo a la composición y textura inicial, sino también a las distintas reacciones químicas entre los minerales y las soluciones acuosas circulantes.

Vale destacar que en etapas más avanzadas de la diagénesis, la disolución puede producir cambios mineralógicos así como generar porosidad secundaria de gran importancia para la localización de hidrocarburos.

La cementación, que depende de la composición inicial de los minerales y las aguas circulantes o vadosas, incluye a la autigenesis mineral, recristalización y otros procesos de litificación (Dapples, 1972). Los cementos más comunes son compuestos por la sílice, los carbonatos y los argilominerales (1).

(1) Debe aclararse que estos argilominerales que se presentan en

areniscas, pueden generarse de tres formas diferentes (Carregy y Mellon, 1964): a) como partículas o agregados detríticos, b) por alteración in situ de minerales lábiles, o c) como cemento interticial depositado durante la diagénesis por las aguas circulantes.

PALEOCLIMA Y PALEORELIEVE

La procedencia es una función de la naturaleza y composición de las áreas de aporte, el relieve, el clima y el transporte.

Basu (1984) entre otros, ha enfatizado la importancia del clima y el relieve como controles sobre la extensión temporal de la exposición de las rocas a los agentes atmosféricos en las áreas de aporte.

La disolución y desintegración de los minerales más lábiles por acción climática es importante en áreas húmedas, y su efecto ha sido considerado en el diseño de triángulos que relacionan a la composición con el paleoclima (Suttner et al, 1981).

El clima de una región -a diferencia de las áreas de aporte y el relieve- no se relaciona directamente con la tectónica.

Los cambios de temperatura y las lluvias afectan a la velocidad de meteorización, controlan a la cubierta vegetal y alteran bioquímicamente a la roca original, pero son relativamente independientes de los ambientes tectónicos en los que se generan estas rocas.

Potter (1984 y 1986), al analizar la composición de las arenas de las playas de América del Sur, encontró que las petrofacies de la costa atlántica son muy similares a las de la costa pacífica, con una procedencia a partir de un arco magmático. El transporte por sí solo, bajo condiciones climáticas áridas y sin contaminación de las áreas aledañas a los cursos fluviales, no parece afectar mayormente la composición de estos sedimentos. Por el contrario, en los sistemas

lineales con control gravitacional, (ríos Amazonas y Orinoco, por ejemplo), desarrollados bajo condiciones climáticas húmedas y con gran aporte desde áreas cratónicas en las regiones intermedias de la red de drenaje, la procedencia original de arco magmático desde la cadena andina queda casi totalmente diluida.

El efecto del clima en las modas detríticas puede llegar a ser destacable, aunque su cuantificación difícil de realizar. Cuando los efectos climáticos son importantes, la determinación de la procedencia se torna un problema de compleja resolución ya que hay que discernir entre especies alotígenas y autógenas, así como prestar especial atención a pistas o trazas de disolución de minerales. Este problema se agudiza cuando estudiamos areniscas que no son de un primer ciclo.

Por su parte, el relieve influye indirectamente en la composición detrítica de las areniscas, ya que la pendiente controla el tiempo de residencia de los sedimentos en transporte. Así, por ejemplo, en áreas de bajo relieve y clima húmedo, habrá un enriquecimiento en cuarzo en las modas detríticas. En el otro extremo, relieves pronunciados y climas áridos implican un mayor potencial de conservación de los feldespatos y minerales lábiles, con modas detríticas que resultarán más representativas de la composición de las rocas originales.

TECTONICA DE LA CUENCA.

Este factor está ligado al factor de relieve que se acaba de comentar. En este sentido, la tectónica que afectó a la cubierta sedimentaria de la cuenca (Fig 31) puede ser activa o pasiva. Se pueden reconocer entonces:

a) Cuencas estables, poco subsidentes, con relieve poco marcado y con un bajo potencial geológico de preservación de los minerales detríticos lábiles, ya que éstos son generalmente retrabajados y

alterados.

b) Cuencas inestables, muy subsidentes, con relieves marcados y alto potencial de preservación de los minerales detríticos lábiles, ya que éstos son rápidamente sepultados.

CICLOS Y SISTEMAS DE MOVILIZACION DETRITICOS

Davies y Ethridge (1975) han utilizado funciones discriminantes múltiples para el análisis petrográfico de areniscas procedentes de una misma fuente de aporte en la misma cuenca, demostrando que la textura y la composición detrítica están afectadas por el ambiente sedimentario. Este último es un control de importancia en el tamaño de grano y la composición.

Es recomendable evaluar el tipo de ambiente sedimentario antes de proceder al análisis modal de los componentes detríticos. Así por ejemplo, los resultados del análisis composicional de las arenas de un cono de deyección no son comparables con los de un frente deltaico. Las primeras reflejan una fuente de aporte puntual, mientras que las segundas pueden recibirlo desde distintas áreas geológicas.

Se puede seguir un razonamiento análogo al expuesto anteriormente y suponer que en los ambientes sedimentarios donde se den mayores posibilidades de mezcla y retrabajamiento de la carga sedimentaria será más difícil la detección de fuentes de aporte individuales (Ej: en playas, desembocadura de deltas, etc), mientras que en el caso de las arenas de ambientes en donde hay escaso transporte y mezcla, se refleja más fielmente la composición de las rocas generadoras dada la mayor simplicidad del sistema de provisión de detritos (Ej: abanicos aluviales y cursos superiores de redes fluviales).

Además se debe considerar el tipo de sistema de movimiento de

detritos (Fig 31). En un mismo ambiente deltaico, por ejemplo, si está dominado por procesos fluviales, el sistema de movimiento de detritos es vectorial directo; si está dominado por olas y mareas, es vectorial complejo.

Otro elemento a tener en cuenta es el número de ciclos de depositación que ha sufrido la arenisca estudiada (Fig 31). En sedimentos multicíclicos existe una menor probabilidad de encontrar especies minerales detríticas lábiles como muchos de los fragmentos líticos y feldespatos que brindan mucha información sobre la procedencia. En los sedimentos monocíclicos, en cambio, es más probable que dichos componentes minerales indicativos se preserven.

ANÁLISIS DE LAS ARENISCAS CRETÁCEAS SUPERIORES Y TERCIARIAS INFERIORES DE LA CUENCA AUSTRAL

Un total de 137 muestras de areniscas de las formaciones Tres Pasos (5 muestras), La Anita (50 muestras), Calafate (13 muestras), Cerro Cazador (44 muestras), Cerro Dorotea (13 muestras) y Río Turbio (12 muestras) fueron examinadas petrográficamente en el curso de este estudio, con un análisis modal de los constituyentes principales en corte delgado. Estas areniscas de grano fino hasta muy grueso, fueron muestreadas en las 6 secciones de la figura 2. Las correspondientes a la Formación Cerro Dorotea en la sección 9 -Fig 5-, fueron proporcionadas por YPF, y las de la Formación Río Turbio, se obtuvieron de tres sondeos ejecutados por YCF en el área del Yacimiento. Se incluyen, también, muestras de la Fm Tres Pasos aflorante en el área de Chorrillo Picana (Chile), coleccionadas durante campañas anteriores (Macellari, 1985). Estas muestras fueron utilizadas como contralor del conteo de puntos ya que nuestros resultados coincidieron en su totalidad con los de Smith (1977) para las rocas psamíticas de esta misma unidad.

Durante el trabajo de campo se muestrearon, para el posterior análisis microscópico, los diferentes bancos de areniscas, y en especial aquellos que macroscópicamente presentaban diferencias de color, tamaño de grano y estructuras sedimentarias. El intervalo de muestreo no fue constante, pues varió de acuerdo a los espesores de los bancos de areniscas, al de las pelitas intercaladas y a la calidad de las exposiciones (ver anexo).

En cada corte delgado fueron identificados 400 granos y estos totales fueron recalculados en porcentajes para establecer la composición modal, porosidad y proporción de matriz. Los resultados de

este análisis fueron representados en gráficos de variación vertical de la composición (Apendice II) y en diagramas ternarios (Figs 38 a 45).

Es necesario considerar el efecto del tamaño de grano en las modas detríticas obtenidas en el microscopio, ya que su influencia se hace evidente en los diagramas verticales de variación composicional (Apendice II, secciones 1, 2 y 3). Así, se aprecia que las curvas de tamaño de grano y fragmentos líticos guardan una simetría especular para las formaciones La Anita y Calafate. Esta misma tendencia se repite para las formaciones Cerro Cazador y Cerro Dorotea (Apendice II, secciones 4, 5 y 6). En el caso particular de la Fm La Anita, estos picos son causados por la abundancia de cuarzo policristalino mientras que en el de las formaciones restantes, se corresponden a máximos de fragmentos líticos volcánicos.

Los fragmentos líticos (incluyendo al "chert" y al cuarzo policristalino) son más abundantes en las granulometrías psamíticas gruesas (Boggs, 1968; Ingersoll et al., 1984). Esto se verifica en este estudio, a la vez que se confirma que la mejor información en cuanto a las rocas generadoras es provista por los sedimentos de mayor tamaño de grano.

El análisis petrográfico permitió registrar los siguientes minerales: cuarzo en sus variedades monocristalino y policristalino, con diversos tipos de extinción y morfologías; feldespatos potásicos (ortoclasa predominante y microclino) y plagioclasas, fragmentos líticos (volcánicos, metamórficos y sedimentarios), micas, opacos, hematita y glauconita. En los casos en que los minerales inestables sufrieran alteración o deformación se utilizó el criterio de Dickinson (1970) para el reconocimiento de la pseudomatrix, contabilizando a estos granos como minerales alterados dentro de las modas detríticas (Apendice II).

Constituyentes de las areniscas

Cuarzo. Abunda en la mayoría de las muestras, especialmente en las de la Fm La Anita. Se presenta como granos redondeados a subredondeados con extinción normal y ondulante y con los típicos colores de baja birrefringencia. Los granos monocristalinos pueden hallarse fracturados y poseer impurezas o trenes de inclusiones.

El cuarzo volcánico, de extinción normal, formas euhedrales, con pocas inclusiones y con engolfamientos es indicativo de una fuente ígnea extrusiva, como en el caso de las petrofacies de las formaciones Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea.

El cuarzo policristalino, con su distintiva textura en mosaico, bordes rectos, extinción normal o levemente ondulante y formas elongadas, es indicativo de una fuente de aporte metamórfica. Está muy bien representado en las petrofacies de la Fm La Anita (Figs 32 y 33).

El "chert" detrítico, como fragmentos silíceos microcristalinos, sin texturas relicticas visibles y que derivan de rocas sedimentarias, es poco frecuente en las muestras estudiadas.

Feldespatos. La plagioclasa está ampliamente representada en las petrofacies de las formaciones Calafate, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio. La especie más común es la oligoclasa (An 33, determinado por el método de Michel-Levy)) en granos eudrales, angulares a subangulares, con maclas de albita y Carlsbad-albita (Fig 36) y con escasa zonación. La oligoclasa está asociada a los detritos provenientes de rocas andesíticas y traquíticas. En algunos casos, se presenta alterada a sericita, calcita, clorita y argilominerales.

La ortoclasa es abundante en la mayoría de las muestras, particularmente en las secciones 5 y 6 (Figs 40 y 43, y Apendice II).

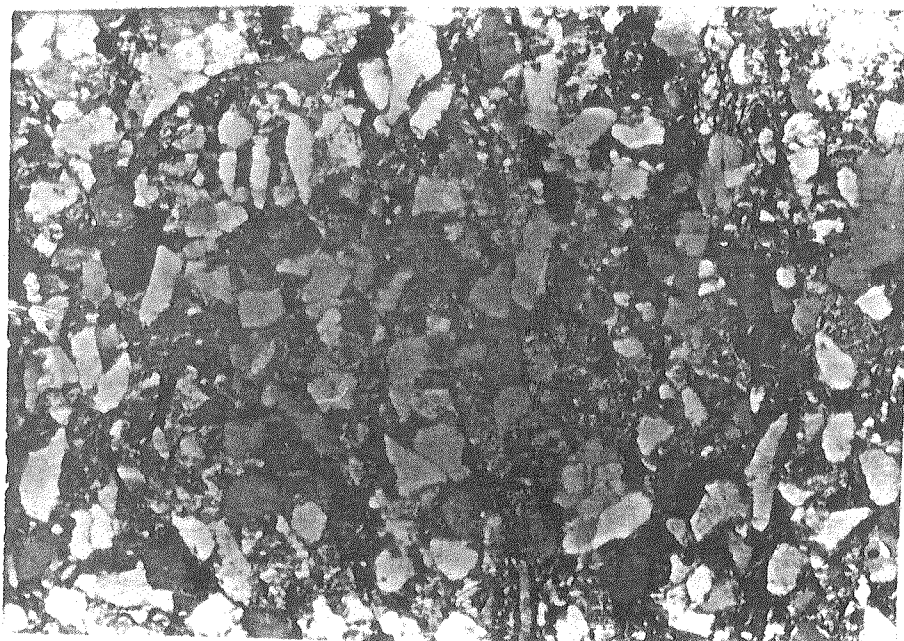


Fig 32-Arenisca del Miembro Cachorro (Fm La Anita) con altos porcentajes de cuarzo subangular (muestra all, sección 3, 2.5 x).

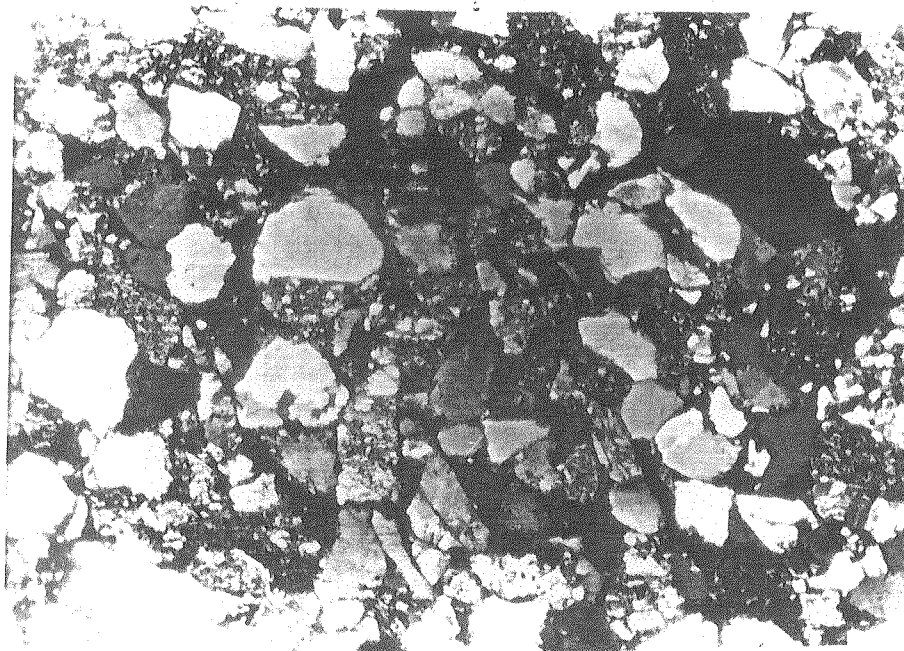


Fig 33-Cuarzo monocristalino y policristalino en areniscas del Miembro Cachorro, Fm La Anita.

Este mineral se presenta alterado a sericita, calcita, clorita y minerales de las arcillas. Las alteraciones se presentan regularmente orientadas y en cubren casi la totalidad de la superficie del grano.

El microclino con su típico maclado, fue detectado en algunas muestras de la Fm La Anita, pero en general es escaso.

Fragmentos líticos. De origen ígneo, sedimentario y metamórfico abundan en las petrofacies estudiadas. Varios autores han enfatizado la importancia de estos fragmentos en la diagnosis de la procedencia de areniscas. En nuestro caso, el fragmento lítico característico de las petrofacies de las formaciones Calafate, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio, está constituido por tablillas de plagioclasa en una base criptocristalina; estas tablillas, generalmente macladas, presentan texturas pilotáxicas (orientadas) o felsíticas (no orientadas) y provienen de rocas andesíticas y traquíticas (Figs 34 a 37). Las petrofacies de la Fm La Anita incluyen a algunos fragmentos volcánicos cuarzosos microcristalinos que fácilmente pueden ser confundidos con el "chert".

Los fragmentos sedimentarios están compuestos principalmente por "chert" y pelitas, las que por ser en su mayoría lábiles, se encuentran pobremente representadas en las muestras estudiadas. Los fragmentos líticos provenientes de areniscas o limolitas son relativamente raros pues tienden a romperse en sus componentes granulares.

Los fragmentos metamórficos incluyen al cuarzo policristalino, fragmentos de esquistos y filitas micáceas. Usualmente presentan cristales orientados deformados y con contactos crenulados. Estos granos están bien representados en las petrofacies de la Fm La Anita y derivan en su mayoría de rocas del basamento que han sido expuestas.

Matriz. Está constituida por materiales detríticos de variadas

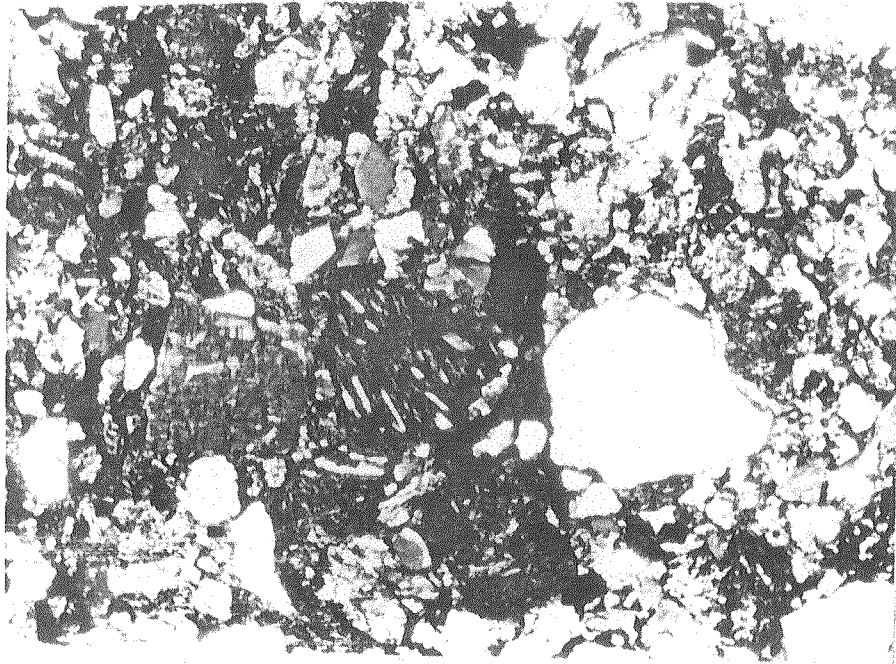


Fig 34-Fragmentos líticos andesíticos y cuarzo monocristalino en arenisca de la Fm Calafate (muestra c6, sección 1, 2.5 x).



Fig 35-Fragmentos líticos volcánicos rodeados de granos de cuarzo subangular de la Fm Calafate (muestra c5, sección 1, 2.5 x).



Fig 36-Plagioclasa subangular, cuarzo monocristalino y líticos volcánicos en la Fm Cerro Cazador (muestra e4, sección 5, 2.5 x).

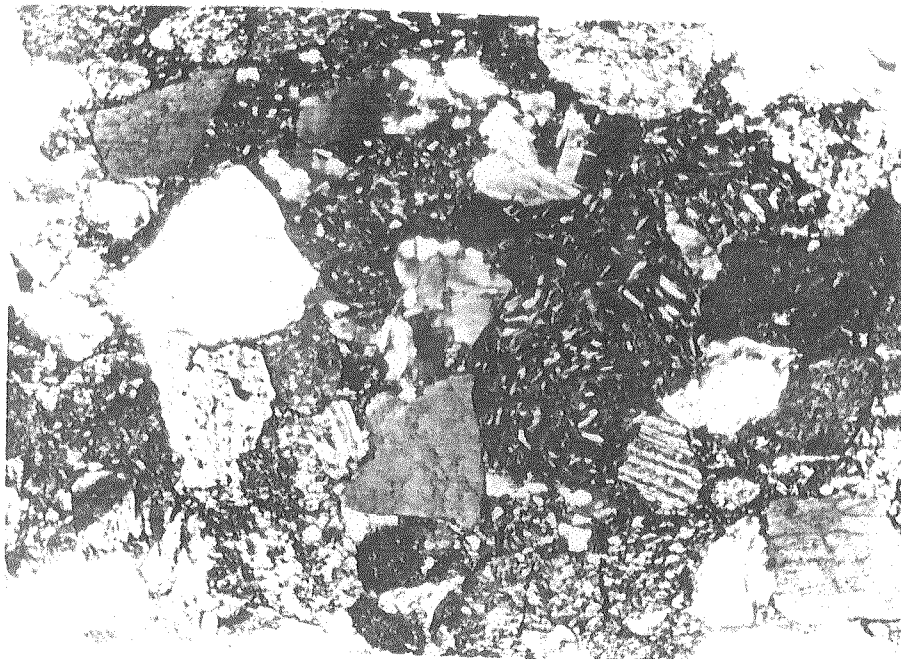


Fig 37-Fragmentos líticos andesíticos típicos, con tablillas de plagioclasa en matriz microcristalina de la Fm Cerro Cazador (muestra e7, sección 5, 2.5 x).

dimensiones, desde fragmentos limosos hasta partículas arcillosas. Participan también, monopartículas esquirlosas de cuarzo y feldespatos, junto a micas y argilominerales, asociadas a minerales opacos (hematita y magnetita). La composición de las partículas más finas es similar a las de las intercalaciones pelíticas que aparecen en la secuencia (ver inicio de este capítulo) por lo que se presume un origen principalmente detrítico para todos estos argilominerales.

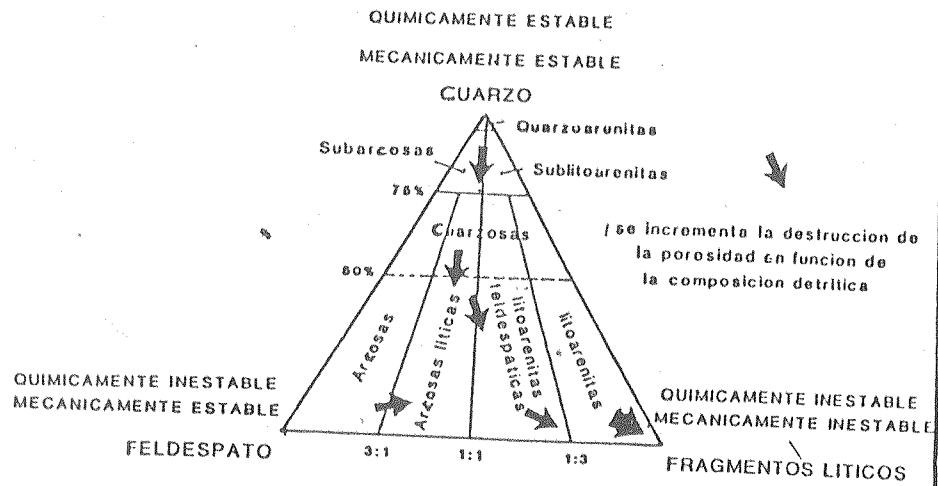
Cemento. Es un componente que se presenta sólo en algunas muestras de las secuencias estudiadas (Apéndice II). En la mayoría de los casos se trata de cementación parcial de tipo carbonática de la matriz y de los fragmentos líticos y los feldespatos.

Minerales accesorios. El lote de minerales detríticos se completa con la presencia de fragmentos de minerales opacos (hematita y magnetita) y micáceos (sericita, biotita, clorita y muscovita). Se detectó también, glauconita detrítica y autigénica (Apéndice II).

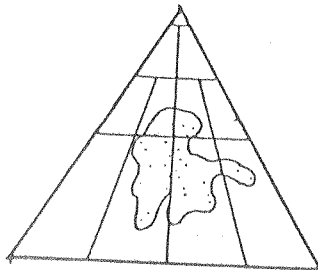
Diagramas ternarios

Las muestras de las formaciones Tres Pasos, La Anita, Calafate y Cerro Cazador fueron representadas en diagramas cuarzo total-feldespato-fragmentos líticos (Fig 38) siguiendo el esquema de Folk (1968). Estos resultados muestran que la Fm Tres Pasos está compuesta por areniscas que son principalmente arcosas líticas y litoarenitas feldespáticas con un porcentaje de matriz que va desde 12 % a 43 % y con un promedio de 22 %. La Fm La Anita está compuesta por areniscas que son arcosas cuarzosas, arcosas cuarzosas líticas, litoarenitas feldespáticas cuarzosas y litoarenitas cuarzosas con un porcentaje de matriz que va desde 10 % a 50 % y un promedio de 20 %. La Fm Calafate está compuesta por areniscas que son litoarenitas y litoarenitas feldespáticas con un

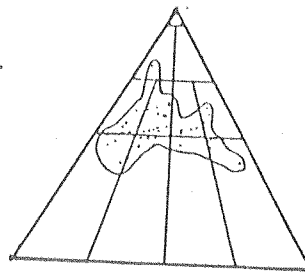
CLASIFICACION DE ARENISCAS SEGUN FOLK (1968)
POLOS DE ESTABILIDAD ADAPTADOS SEGUN HAYES (1979)



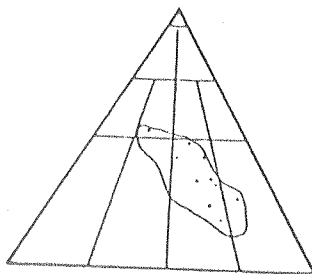
FM TRES PASOS



FM LA ANITA



FM CALAFATE



FM CERRO CAZADOR

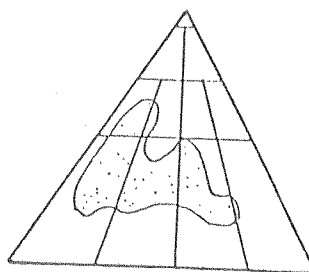


Fig 38 -Clasificación de areniscas, madurez y porosidad.

tenor de matriz que va desde 10 % a 60 % y un promedio de 25 %. La Fm Cerro Cazador está compuesta por areniscas que son arcosas, arcosas líticas y litoarenitas feldespáticas y la matriz va desde un 10 % a un 50 %, con un promedio de 28 %. La Fm Cerro Dorotea está compuesta por areniscas que son arcosas líticas y litoarenitas feldespáticas, la matriz varía entre 10 % a 40 %, con un promedio de 25 %.

La madurez mineralógica se define como la relación entre la proporción de cuarzo y líticos estables con respecto a la de feldespato más fragmentos de roca inestables (Fettijohn, 1973). Esta relación entre madurez y composición se muestra en los diagramas ternarios QFR (Fig 38) junto con los valores predecibles de porosidad (Hayes, 1979). De esta manera se observa que las petrofacies de la Fm La Anita, son las que poseen mayor madurez composicional y presentan los más altos valores de porosidad (ver secciones 1, 2 y 3 en Apendice II).

La abundancia relativa y la variación vertical de los constituyentes principales de las areniscas en cada sección se muestra en el Apendice II. Dos gráficos verticales simplificados (Figs 39 y 40) muestran las tres tendencias significativas de aumento de los contenidos de fragmentos volcánicos y feldespatos potásicos de norte a sur dentro de la Fm Cerro Cazador y un incremento vertical de fragmentos volcánicos hacia el techo de la Fm Calafate. Esta última unidad también muestra un incremento vertical de plagioclasa hacia su techo (sección 1, Apendice II). Los restantes constituyentes principales no presentan ningún patrón de variación consistente.

Estas tendencias, que serán discutidas en detalle en el capítulo de procedencia, marcan importantes características composicionales dentro del marco temporal y espacial; los fragmentos volcánicos se hacen más

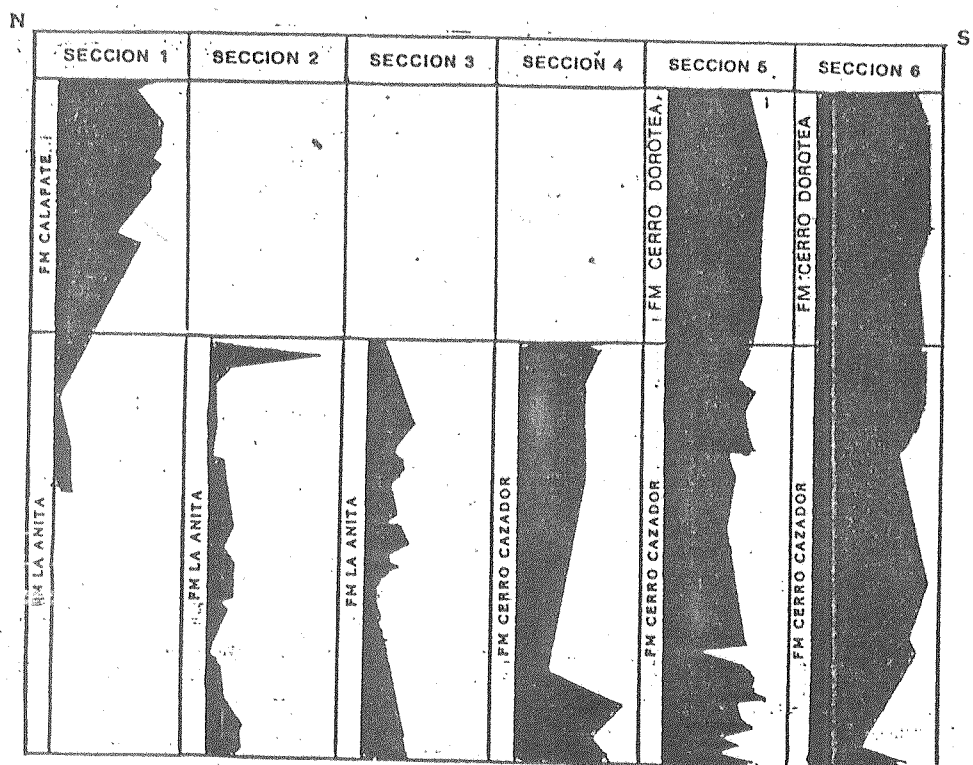


Fig 39-Incremento relativo de fragmentos volcánicos en las secciones relevadas, de norte a sur.

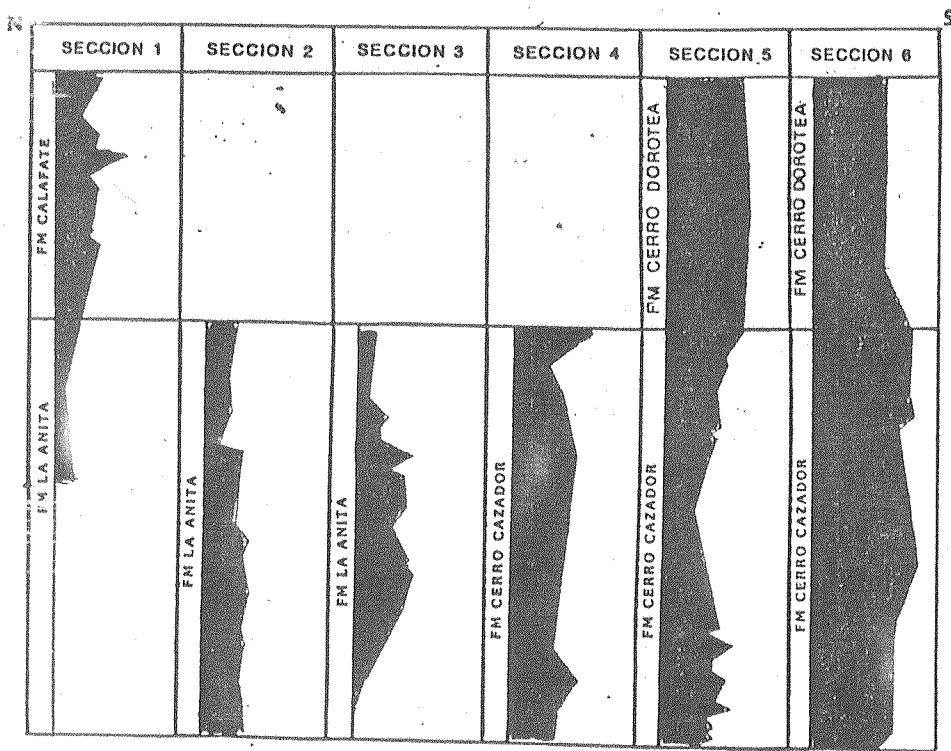


Fig 40-Incremento relativo de feldespato de potasio en las secciones relevadas, de norte a sur.

abundantes de base a techo y de norte a sur en la secuencia cretácica superior y terciaria inferior estudiada. Los feldespatos potásicos, en cambio, abundan sólo en las petrofacies cretácicas superiores del sector sur del área de estudio. Las plagioclasas, por su parte muestran una gran abundancia relativa que se incrementa de base a techo en las unidades terciarias inferiores de la cuenca.

Todas las muestras que aparecen en los diagramas verticales de variación composicional (Apendice II) han sido representados en diagramas ternarios cuarzo-feldespato-líticos totales (QFR), cuarzo policristalino-fragmentos volcánicos-fragmentos sedimentarios (Qp-Fv-Fs) y cuarzo monocristalino-plagioclasa-feldespato de potasio (Qm-P-Fk) según los modelos de Dickinson et al., (1979 y 1983). Las poblaciones representadas en cada triángulo incluyen a todos los constituyentes principales mencionados anteriormente; se exceptúan por lo tanto, micas, opacos, cloritas, glauconita, granos carbonáticos y otros minerales pesados.

Vale destacar que los granos de cuarzo policristalinos, así como el "chert" han sido considerados dentro de la categoría de fragmentos líticos debido a sus afinidades con las rocas metamórficas y sedimentarias, respectivamente. El polo R representa, por lo tanto, a la suma de los líticos estables e inestables.

Las tendencias composicionales dentro de los sedimentos cretácicos superiores y terciarios inferiores de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea en la transecta N-S (Fig 1) se representan en los siguientes diagramas ternarios (Figs 41, 42, 43 y 44).

1) Cuarzo-feldespato-líticos totales (QFR) (Figs 41 y 44): esta secuencia de triángulos según el modelo de Dickinson et al. (1983)

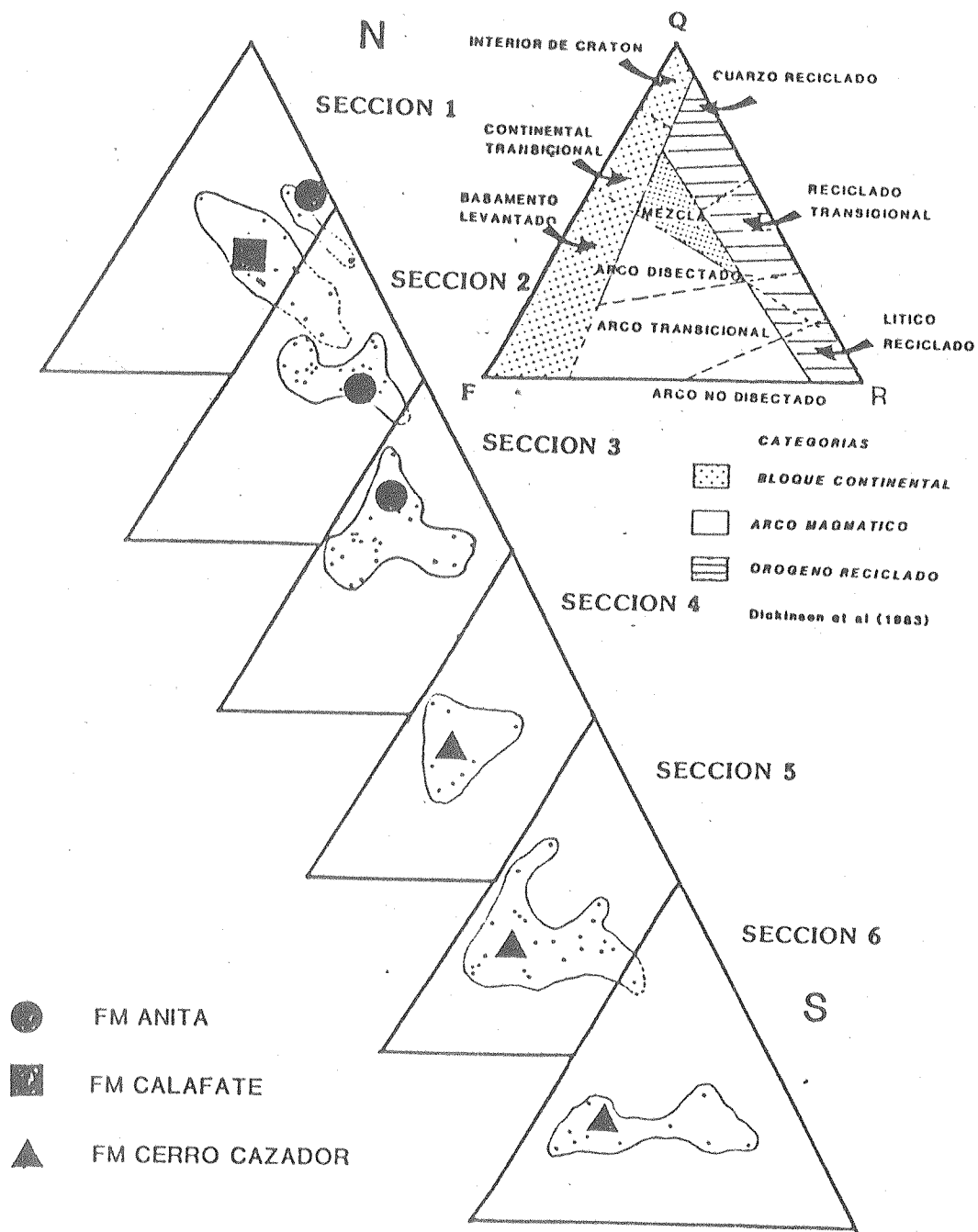


Fig 41-Secuencia de triángulos cuarzo-feldespato-líticos (Q-F-R) de norte a sur.

muestra un fuerte agrupamiento para las muestras de la Fm La Anita en el campo de orógeno reciclado cuarzoso, mezcla y bloque continental. Para la Formación Calafate, arco magmático disectado, mezcla y orógeno reciclado; para la Fm Cerro Cazador, arco magmático disectado y bloque continental; y para la Fm Cerro Dorotea, arco magmático disectado, transicional y no disectado.

2) Cuarzo policristalino-fragmentos volcánicos-fragmentos sedimentarios (Qp-Fv-Fs) (Figs 42 y 44): estos diagramas ternarios según el modelo de Ingersoll y Suczek (1979)* muestran un fuerte agrupamiento de las muestras de la Fm La Anita en el campo de margen continental, mientras que las muestras de las formaciones Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea se agrupan en el campo de arco magmático.

3) Cuarzo monocristalino-plagioclasa-feldespatos de potasio (Qm-P-Fk) (Figs 43 y 44): esta secuencia de diagramas triangulares según el modelo de Dickinson y Suczek (1979), muestra un agrupamiento constante de muestras de la Fm La Anita cercana al polo de cuarzo monocristalino, una gran dispersión para las muestras de la Fm Calafate, que posee proporciones equivalentes de cuarzo, plagioclasa y feldespatos de potasio, y una tendencia al aumento relativo de feldespatos de potasio hacia el sur, dentro de las petrofacies de la Fm Cerro Cazador. La Fm Cerro Dorotea presenta un comportamiento similar al de la Fm Cerro Cazador. Esta abundancia de cuarzo en el norte, aumento de feldespatos de potasio hacia el sur y escasa proporción de plagioclasa en las unidades cretácicas superiores de la cuenca ya había sido mencionada anteriormente en la descripción de los gráficos de la figuras 38, 39 y 40.

Los resultados para el tramo medio de la Formación Río Turbio (Fig

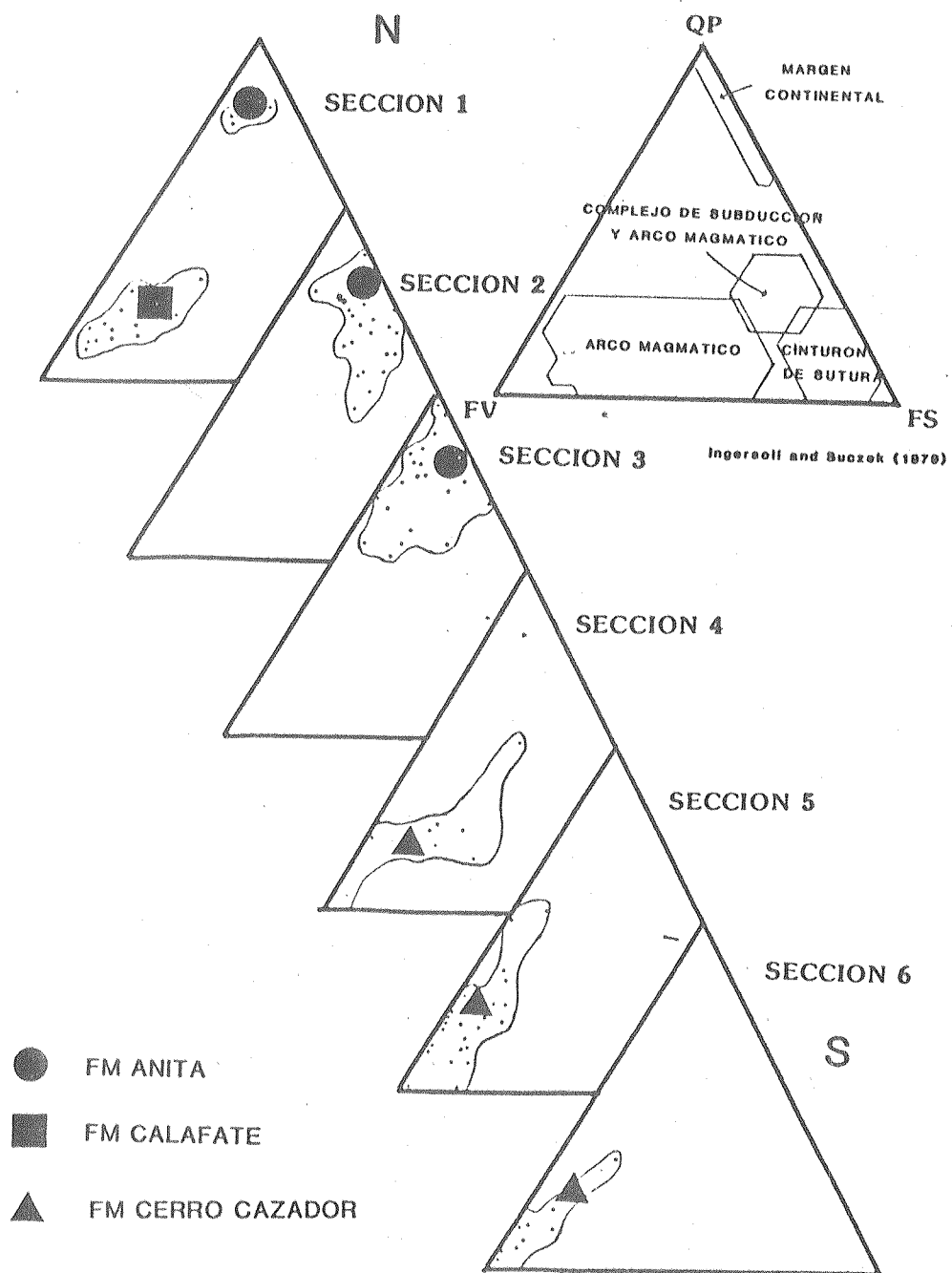


Fig 42-Secuencia de triángulos cuarzo policristalino-fragmentos volcánicos-fragmentos sedimentarios (QP-FV-FS) de norte a sur.

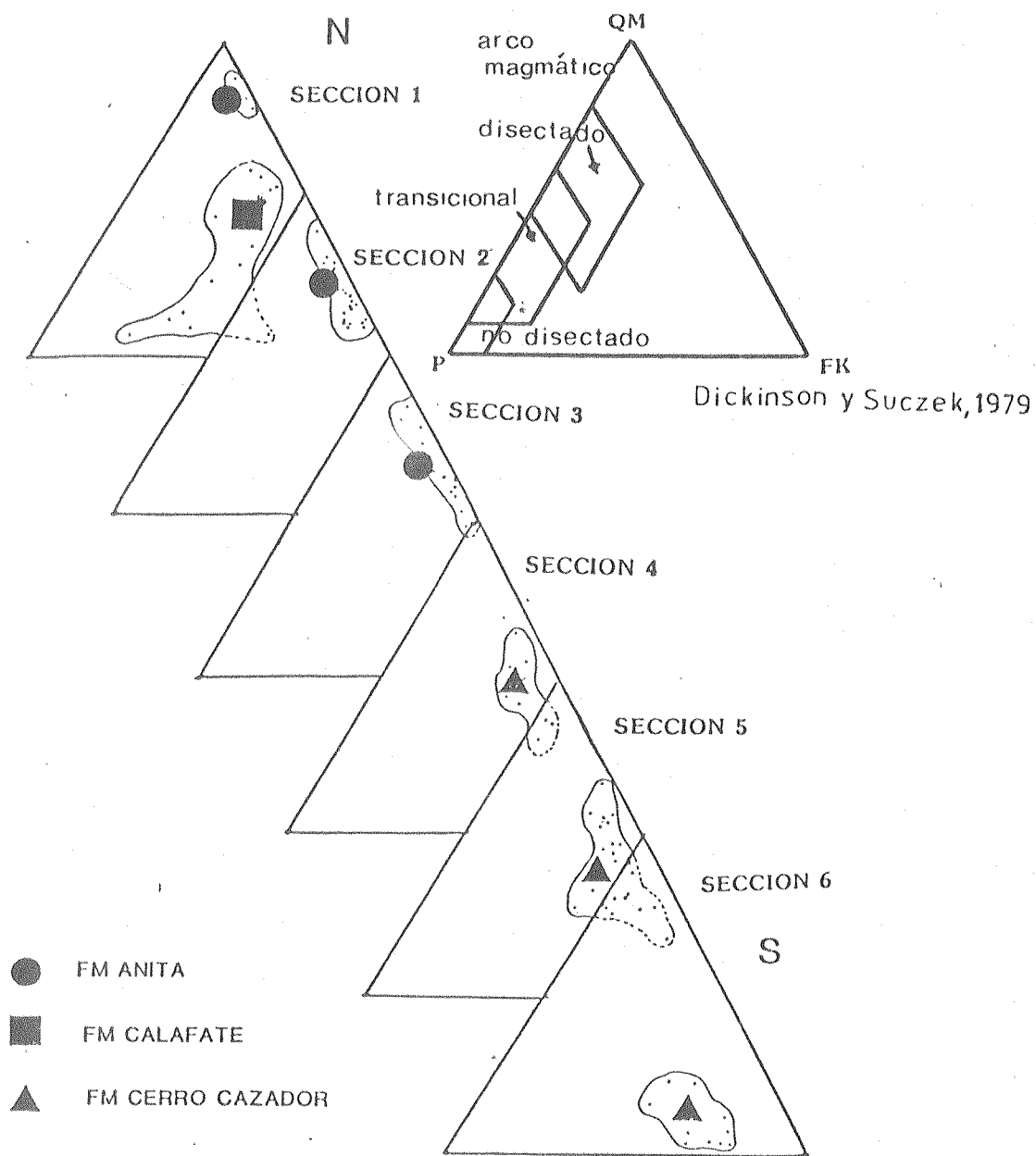


Fig 43-Secuencia de triángulos cuarzo monocristalino-plagioclase-feldespato de potasio (QM-P-FK) de norte a sur.

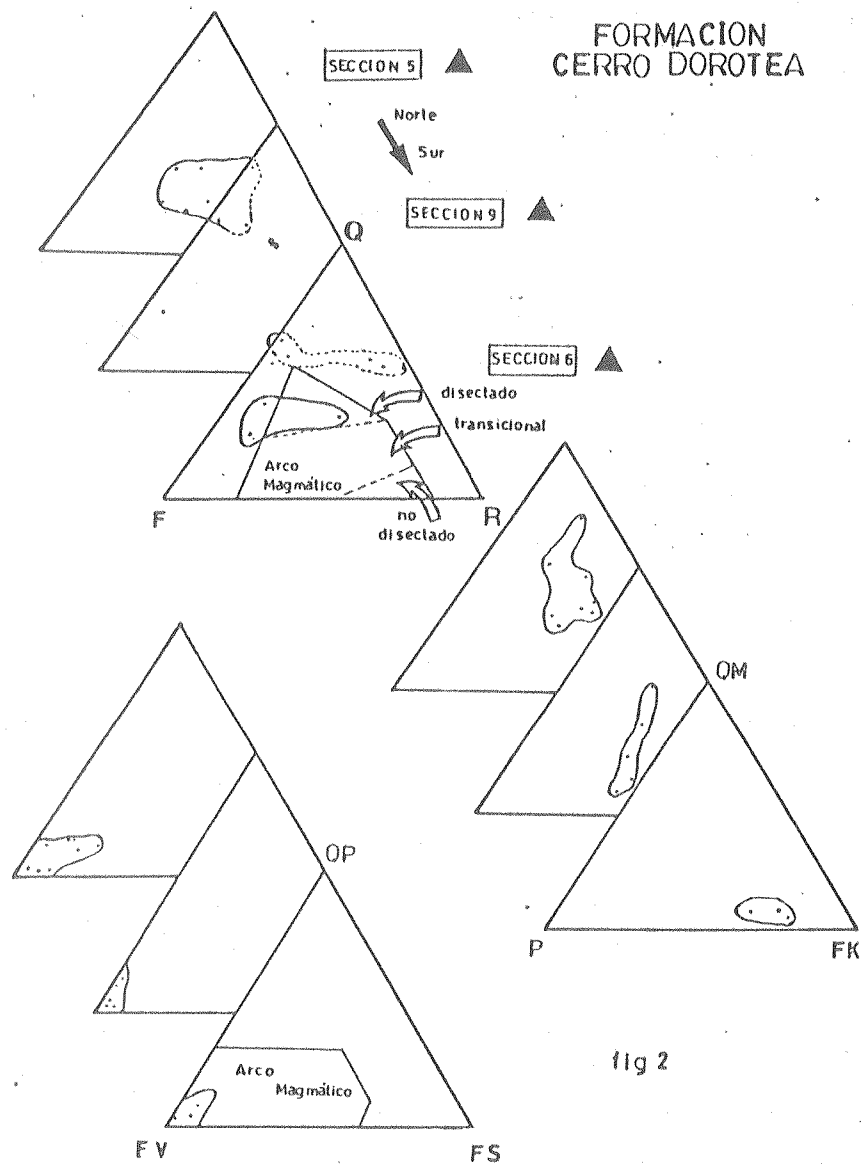


Fig 44-Secuencia de triángulos Q-F-L, QP-FV-FS y QM-P-FK para la Fm Cerro Dorotea en las secciones 5, 9 y 6.

45) y las areniscas intercaladas en los mantos productores de carbón fueron obtenidos en tres sondeos -D50, D53 y D61- ubicados en el sector sur del Yacimiento de Río Turbio (Enadinsa Tecnoproyectos, Inf. ined., 1986) con las siguientes coordenadas geográficas:

D50	x: 4.281.912,26	y: 1.478.405,24
D53	x: 4.281.966,66	y: 1.481.814,92
D60	x: 4.283.227,94	y: 1.483.146,16

De los diagramas triangulares (Fig 45) pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1) Diagrama QFR (Dickinson y Suczek, 1979; Dickinson et al., 1983): en este modelo, utilizado para determinar al ambiente tectónico de las áreas de procedencia, se observa un fuerte agrupamiento de las muestras en el polígono de arco magmático no disectado y transicional.

2) Diagrama Qp-FV-FS (Ingersoll and Suczek, 1979): las muestras se agrupan, con escasa dispersión en el campo de procedencia a partir de un arco magmático

3) Diagrama Qm-P-Fk (Dickinson y Suczek, 1979): las muestras se agrupan sugiriendo una procedencia de arco magmático no disectado y transicional. Es notable en este diagrama la abundancia relativa de fragmentos volcánicos andesíticos y plagioclasas en las muestras, destacándose que se trata de la unidad terciaria más joven de todas las estudiadas.

Cinco muestras de la Fm Tres Pasos, en el área de Chorrillo Picana, Distrito de Última Esperanza, Chile, fueron analizadas para determinar su composición modal y confrontar nuestros resultados con los obtenidos en el conteo de punto por Smith (1977). Como se muestra en la Fig 46, las muestras analizadas caen dentro del área delimitada en el triángulo QFL por el mencionado autor, en los campos de arco magmático disectado y transicional y en orógeno reciclado (Dickinson, 1983). En los triángulos

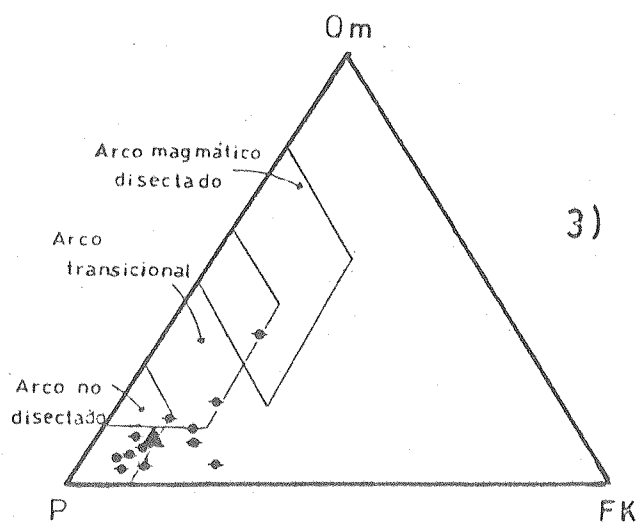
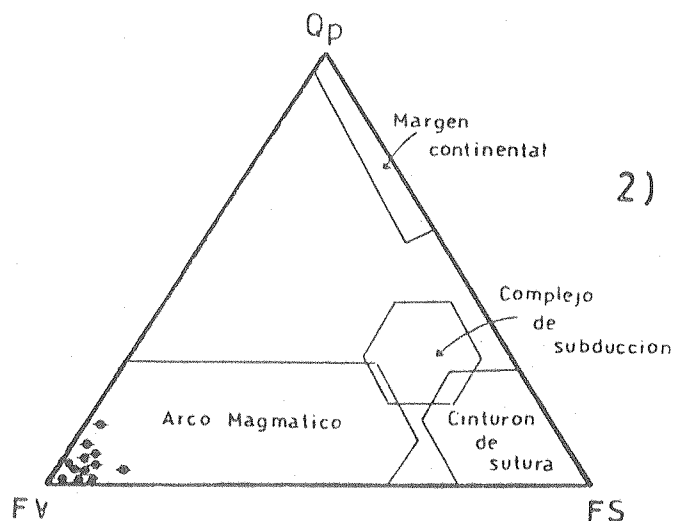
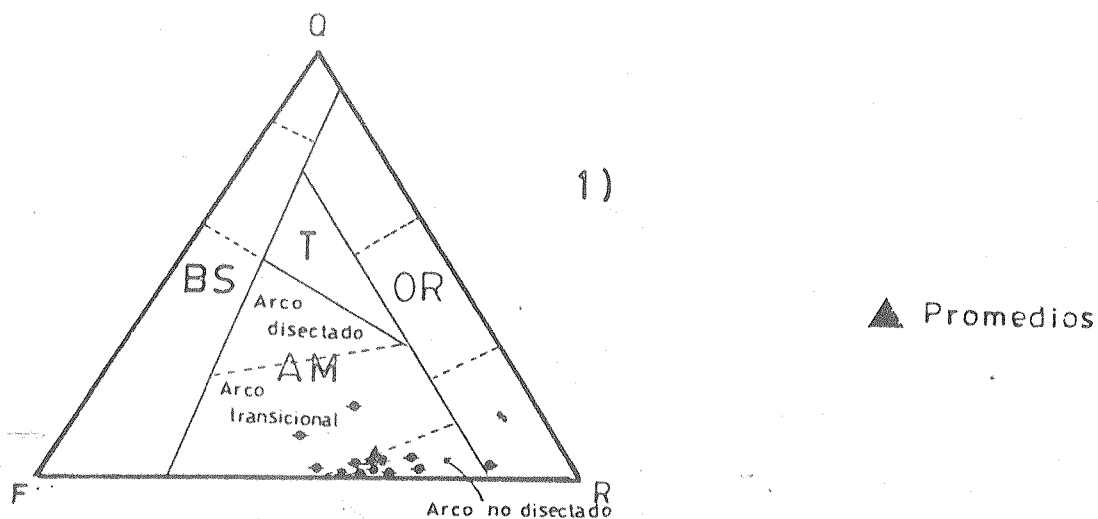


Fig 45-Diagramas QFR,(R:líticos totales), Qp-Fv-Fs y Qm-P-Fk para la Fm Río Turbio, según los modelos de Dickinson et al., 1979, 1983 Yerino y Maynard, 1984, Ingersoll y Suczek, 1979.

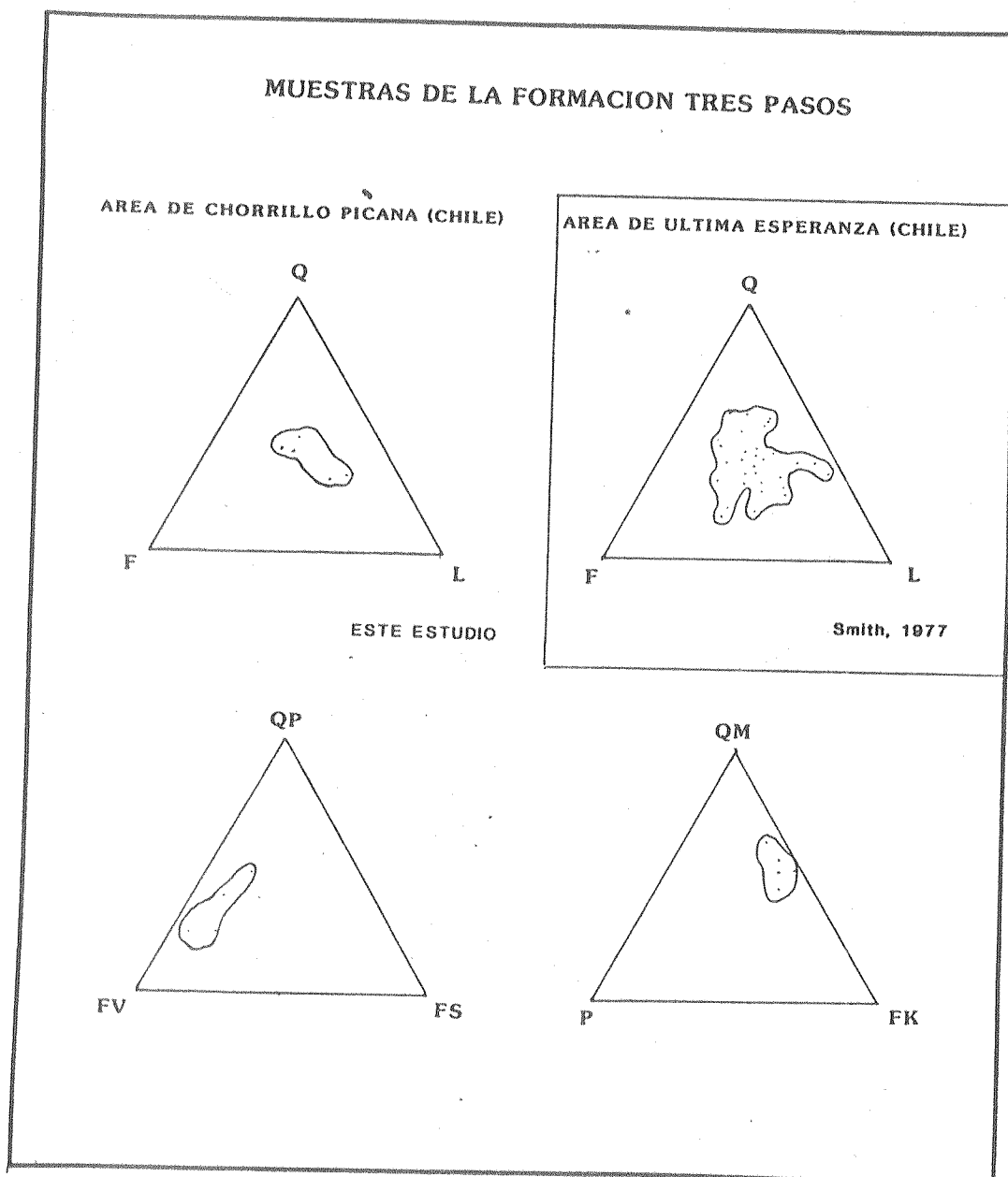


Fig 46-Triángulos QFL, QP-FV-FS y Qm-P-FK para la Fm Tres Pasos y triángulo QFL obtenido por Smith (1977) para la misma unidad.

Qp-Fv-Fs y Qm-R-Fk, las rocas de esta unidad muestran similitudes con la Fm Cerro Cazador suprayacente.

Resumen de resultados (Fig 47) y tendencias evolutivas (Fig 48)

Los diagramas verticales de variación composicional y los diagramas ternarios muestran que las muestras de las formaciones Tres Pasos, Calafate, Cerro Cazador y Cerro Dorotea son ricas en fragmentos volcánicos mientras que las petrofacies de la Fm La Anita son ricas en cuarzo. Los resultados también muestran un incremento relativo de fragmentos volcánicos y de feldespatos potásicos hacia el sur, dentro de la Fm Cerro Cazador; y un incremento de fragmentos volcánicos y plagioclasa desde la base al techo de la Fm Calafate. Estas dos últimas tendencias se confirman no sólo para las unidades cretácicas superiores sino también para las terciarias inferiores, como lo atestiguan las petrofacies de las formaciones Calafate al norte y Cerro Dorotea y Río Turbio al sur.

Si ahora se analiza la evolución de los promedios de las modas detríticas para cada una de las unidades cretácicas superiores y terciarias inferiores estudiadas en los diagramas QFR (Dickinson, 1983) de la Fig 48, se puede observar:

1) Tanto para el área norte como para el área sur, las tendencias mencionadas anteriormente al incremento en fragmentos volcánicos andesíticos de base a techo de la secuencia y de norte a sur.

2) Para el área norte, un desplazamiento de las modas detríticas desde el campo de orógeno reciclado y bloque continental (Fm La Anita) hasta el campo de arco magmático (Fm Calafate).

3) Para el área sur, un desplazamiento de las modas detríticas desde arco magmático disectado (Fm Cerro Cazador), a arco transicional

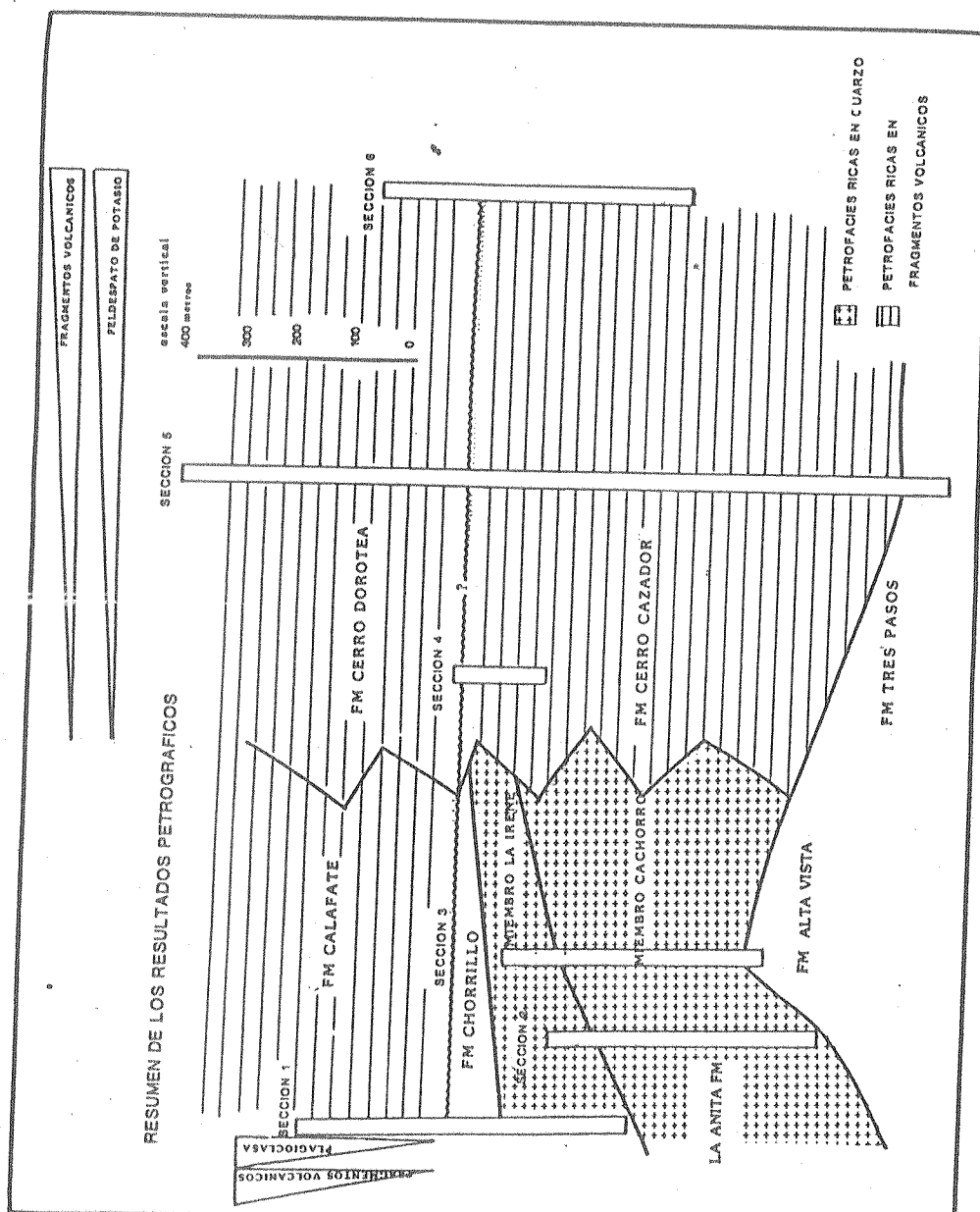


Fig 47-Resumen de los resultados petrográficos: tendencias y distribución de las petrofacies en tiempo y espacio.

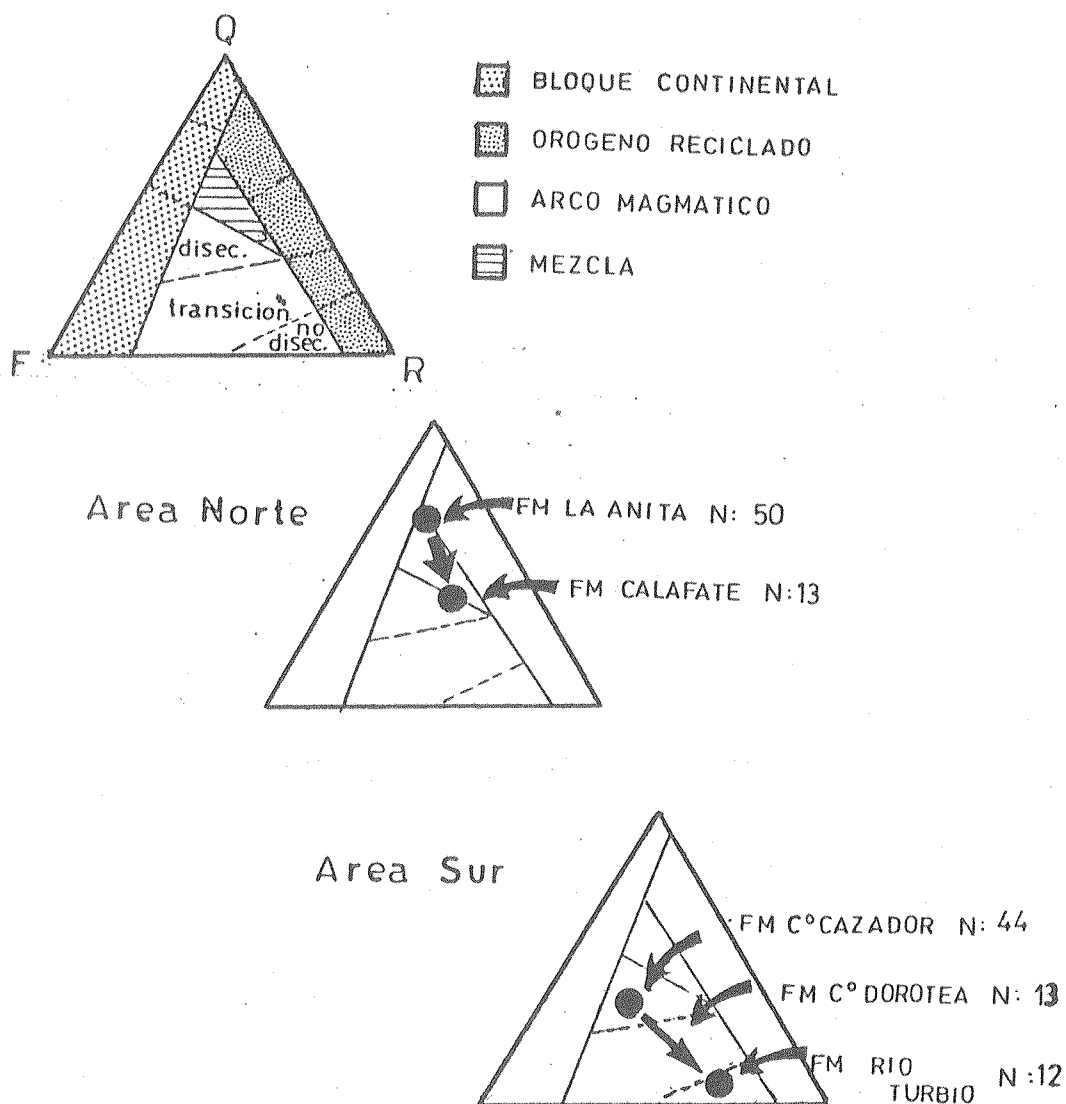


Fig 48-Evolución y tendencias de las modas detríticas de las Formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio en el diagrama QFR.

(Fm Cerro Dorotea) hasta llegar a arco magmático no disectado (Fm Río Turbio).

4) Vale destacar que esta tendencias o desplazamiento de las modas no están relacionadas con un incremento en el tamaño de grano hacia el sur, sino que responden a condiciones particulares del marco paleogeográfico y paleotectónico de la cuenca (ver también capítulo de procedencia). Esta tendencia, es, además, inversa a la clásica arco magmático no disectado-disectado (Dickinson, 1979)) y no coincide con otros ejemplos de tendencias anómalas que intersectan en ángulo recto a ésta última (Garzani, 1985).

Una tendencia similar que confirma plenamente a la anterior, ha sido descrita por Smith (1977) y Dott et al. (1982) para unidades sedimentarias cretácico-terciarias equivalentes (Formaciones Cerro Toro, Tres Pases, Lago Sofía y Estratos de Magallanes), aflorantes al oeste de la localidad de Río Turbio, en territorio chileno.

GEOQUIMICA DE ELEMENTOS MAYORITARIOS EN ARENISCAS Y PELITAS

Introducción

El análisis químico de elementos mayoritarios de areniscas y pelitas combinado con la petrografía de areniscas y la mineralogía de arcillas, constituye una herramienta complementaria para determinar la historia de la cuenca y la procedencia de los sedimentos (Roser y Korsch, 1986).

En los capítulos anteriores se ha hecho hincapié en la composición mineralógica de las pelitas y areniscas cretácicas superiores y terciarias inferiores de la Cuenca Austral. Esta información, que constituye el núcleo de este trabajo, proporciona una excelente oportunidad para verificar y contrastar, en muestras seleccionadas, a los modelos geoquímicos actuales de procedencia y ambientes tectónicos de sedimentación, basados en la composición química elemental.

En este capítulo se detallan los resultados del estudio geoquímico de elementos mayoritarios en 28 muestras pertenecientes a las formaciones La Anita (A14, A8, B15, B19 y B8), Calafate (C5) Río Leona (NB3, NB5 y NB11), Centinela (NB24, NB25 y NB28), Cerro Cazador (F10, F4, E7, E3), Río Turbio (A385, A532, A599, A603, RT2, RT3, RT6, RT8, y RT15), y Río Guillermo (A05, A09 y A011). Las localidades de muestreo se ilustran en las Figs 2 y 19, y la ubicación de las muestras en cada perfil, en las Figs 3, 20 y 21, anexo y Apéndice III.

Metodología

Los análisis químicos de las areniscas y pelitas de estas unidades se efectuaron en base a la metodología desarrollada por Merodio (1978) y Merodio y Martínez (1985) destinada a la evaluación de los componentes mayoritarios en rocas silicatadas: SiO₂ fue determinado por

ESQUEMA GENERAL DE ANALISIS

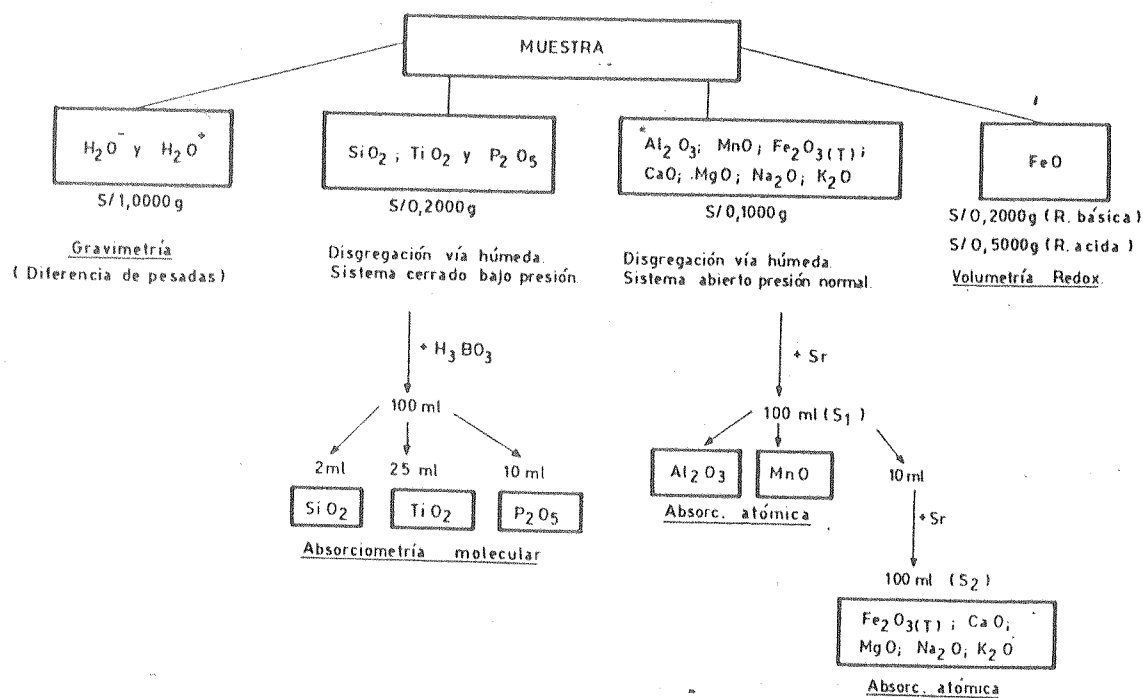


Fig 49-Esquema general de análisis químico de areniscas y pelitas según Merodio J.C. y Martínez J.M. (1985).

absorciometría molecular, previo ataque de las muestras por vía húmeda con HF en sistema cerrado (bombas Parr); Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , y Fe_2O_3 total por espectrometría de absorción atómica. El H_2O^+ y el H_2O^- (agua de constitución y agua higroscópica) fueron determinados por gravimetría. En la Fig 49 se muestra el esquema general de análisis propuesto por Merodio y Martínez (op.cit.).

Las tablas del Apéndice III muestran los resultados obtenidos (%) con los valores de los componentes mayoritarios recalculados sobre base anhidra. Las muestras corresponden a areniscas (N:10) y pelitas (N:18) pertenecientes a las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador, Río Leona, Centinela, Río Turbio y Río Guillermo.

Interpretación de resultados: areniscas y pelitas

En la Fig 50 se presenta la ubicación de las areniscas y pelitas de las formaciones estudiadas en un diagrama de $\log (SiO_2/Al_2O_3)$ vs. $\log (CaO + Na_2O)/K_2O$ en el que se aprecia la relación existente entre las composiciones de las rocas ígneas y de las rocas sedimentarias (Garrels y Mac Kensie, 1971).

Puede observarse que las pelitas y areniscas de estas formaciones caen dentro de los dos grandes campos determinados por estos autores en base al enriquecimiento en SiO_2 de las areniscas y a la disminución en Na_2O y/o CaO y aumento en K_2O de las pelitas para sedimentos antiguos y actuales. Se pueden distinguir además, dentro del campo de las areniscas, a las pertenecientes a la Fm La Anita ("arcosas") del resto de las muestras de las formaciones Calafate y Cerro Cazador ("grauvacas").

Para las formaciones Río Leona, Centinela, Río Guillermo y Río Turbio, en cambio, se observa un enriquecimiento en sodio y calcio que

◆ FM CALAFATE Y
 FM CERRO CAZADOR
 ○ FM LA ANITA

pelillas
 ○ Fm Centinela
 ■ Fm R. Leona
 pelillas
 ▲ Fm R. Guillermo
 * Fm R. Turbio
 ◆ areniscas
 R. Turbio

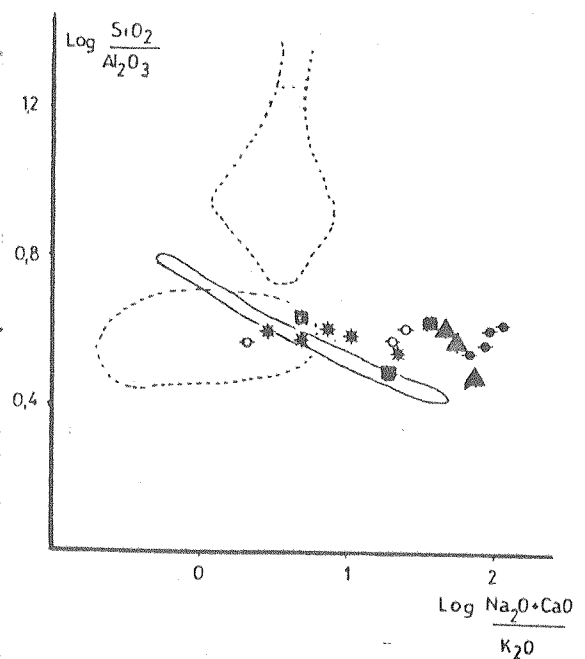
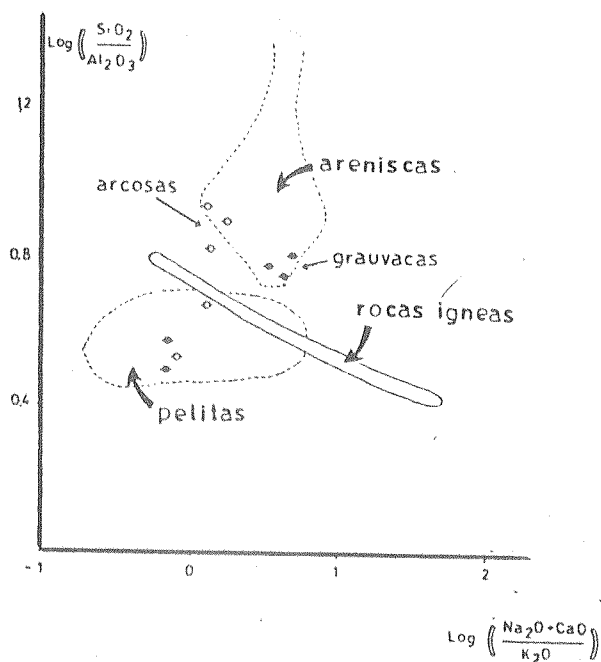


Fig 50- Representación gráfica de las muestras analizadas y sus relaciones con los campos composicionales de las pelillas, areniscas y rocas igneas (Garrels y Mackensie, 1971).

provoca un desplazamiento de las pelitas y areniscas paralelo al eje X y hacia las composiciones de las rocas ígneas más básicas. Las areniscas de la Fm Río Turbio, constituyen un caso extremo, en donde la composición química se asemeja más a la de una roca ígnea andesítica o basáltica que a la de las areniscas definidas por Garrels y Mac Kensie (1971). Aunque todas poseen un tenor de SiO_2 mayor al 52 %, no se descarta que la roca fuente podría haber tenido valores inferiores.

En la Fig 51 se han graficado los valores de $(\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2) \times 100$ vs. SiO_2 , (Iñiguez et al., 1987) observándose una marcada discriminación composicional basada en los tenores de SiO_2 , entre las areniscas y pelitas de la Fm La Anita y las del resto de las unidades (formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo). La Fm La Anita es la unidad más rica en SiO_2 de todas las estudiadas, con promedios de 83 % para las areniscas y 70 % para las pelitas. En el resto de las unidades, los tenores promedio de SiO_2 son más bajos, con 67 % para areniscas y 65 % para pelitas, y muestran un menor rango de variación. En este diagrama se verifica también el incremento de K_2O en las fracciones granulométricas más finas de estas unidades. El potasio se presenta formando parte de la estructura de un gran número de filosilicatos, y además, las pelitas actúan como verdaderos "fijadores" de este elemento alcalino durante los cambios sindeposicionales y diagenéticos.

Areniscas

En la figura 52, se utiliza un diagrama binario para estas muestras donde se representan los tenores de Na_2O vs. K_2O (Pettijohn, 1963). Aquí también se puede observar una clara discriminación entre las muestras de la Fm La Anita- debido a sus bajos tenores de Na_2O que se traducen en una

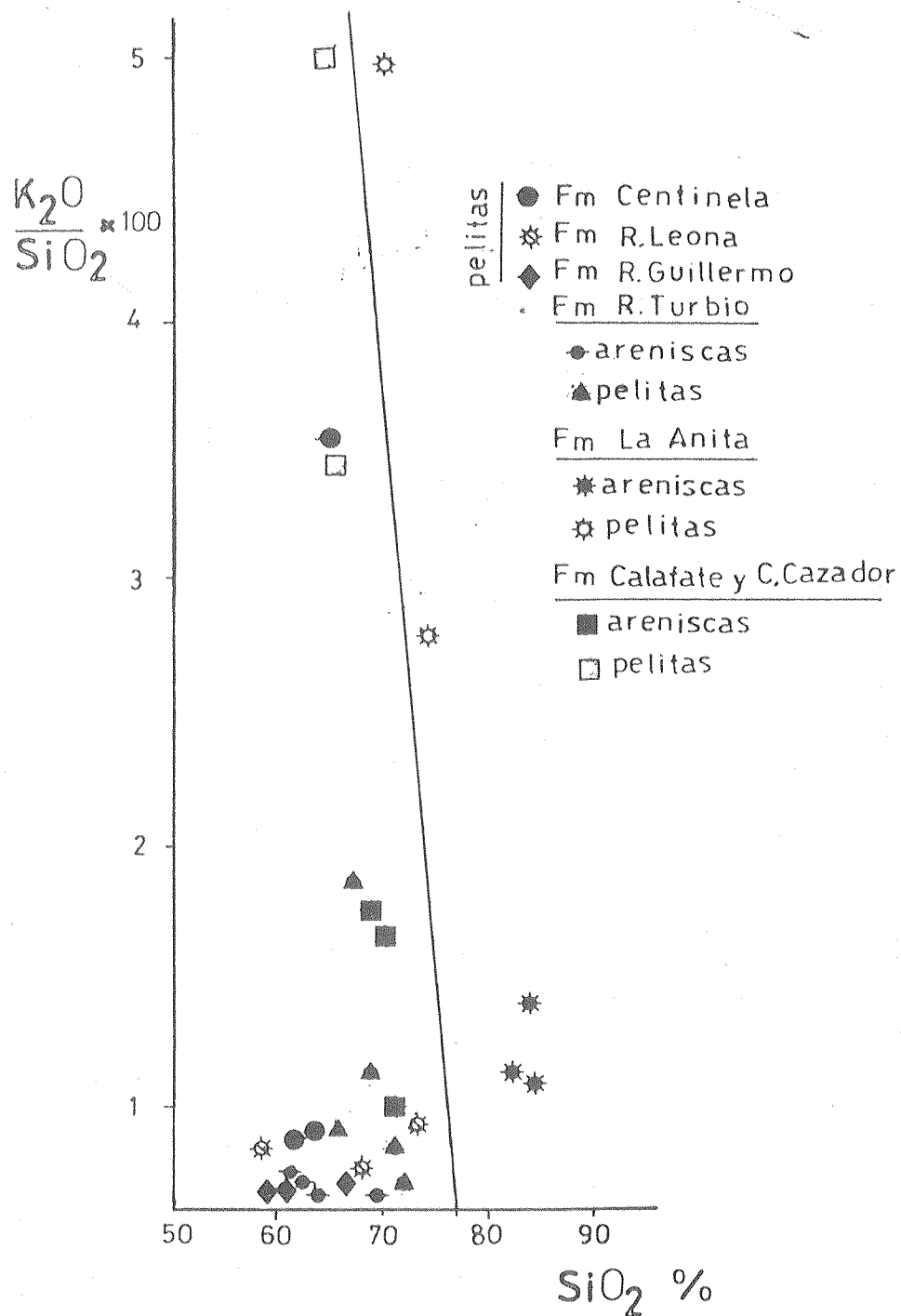


Fig 51- Relaciones de los contenidos de K_2O y SiO_2 en las muestras de la Fm La Anita versus las de las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo.

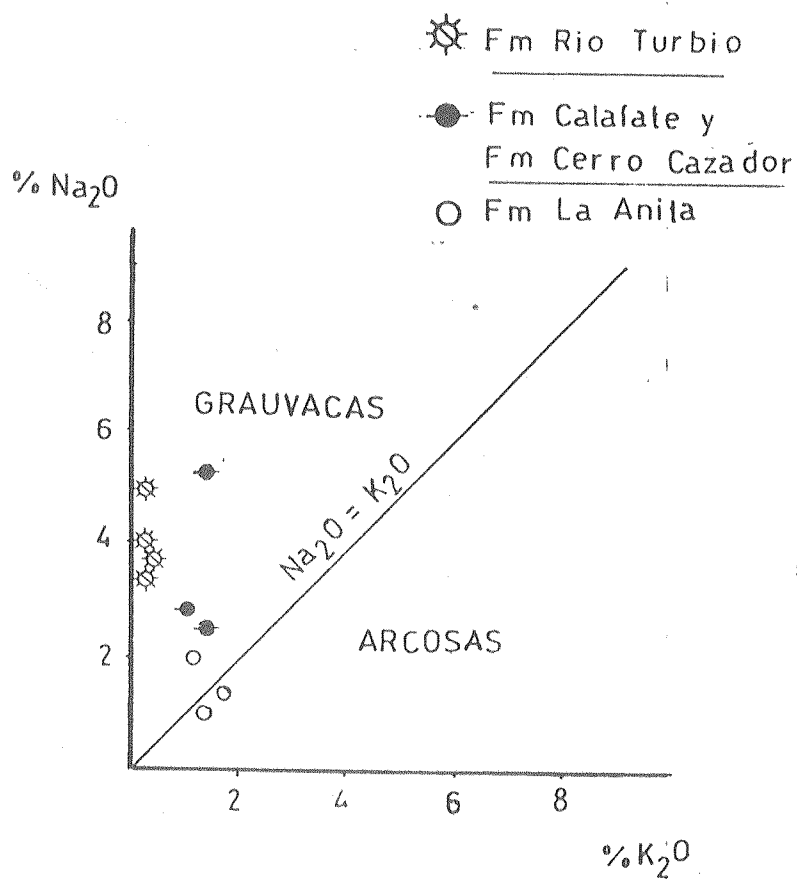


Fig 52- Relación K₂O/Na₂O en arcosas y grauvacas (Pettijohn, 1963) y en areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio.

tendencia arcósica-, y las de las formaciones Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio ubicadas en el campo de las "grauvacas". En este diagrama comparativo figuran los campos composicionales de grauvacas y arcosas divididos por la línea $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$, (Pettijohn, op.cit.) definidos a partir de un número estadísticamente significativo de muestras. Si bien se ha respetado el diagrama original de este autor, para nuestro caso particular la clasificación mineralógica apropiada es: areniscas cuarzo-feldespáticas para la Fm La Anita y areniscas líticas para las formaciones Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio.

Es de destacar que en la clasificación tectónica de grauvacas de Crook (1974) que se basa en las proporciones relativas de K_2O , Na_2O y SiO_2 , las areniscas de la Fm La Anita son ricas en cuarzo (SiO_2 mayor a 65 %), poseen relación $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ mayor a 1 y se habrían depositado en márgenes continentales pasivos o interior de placa. El resto de las areniscas de las unidades estudiadas se clasifican, según este autor, como grauvacas "intermedias" (SiO_2 entre 15 y 65 % y relación $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ menor a 1) y serían típicas de márgenes continentales activos.

Estas mismas muestras de areniscas, en un diagrama triangular $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ (Fig 53) se agrupan en los campos composicionales definidos para rocas ígneas (Bhatia, 1983). Ello sugiere proveniencia de rocas graníticas para la Fm La Anita, mezcla de aportes (andesítico predominante) para las formaciones Calafate y Cerro Cazador y fuente andesítica para la Fm Río Turbio.

Las variaciones de los elementos mayoritarios: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, y K, en las areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio pueden representarse, también, en diagramas de Harker como los de la figura 54, que confirman las conclusiones del diagrama triangular anterior.

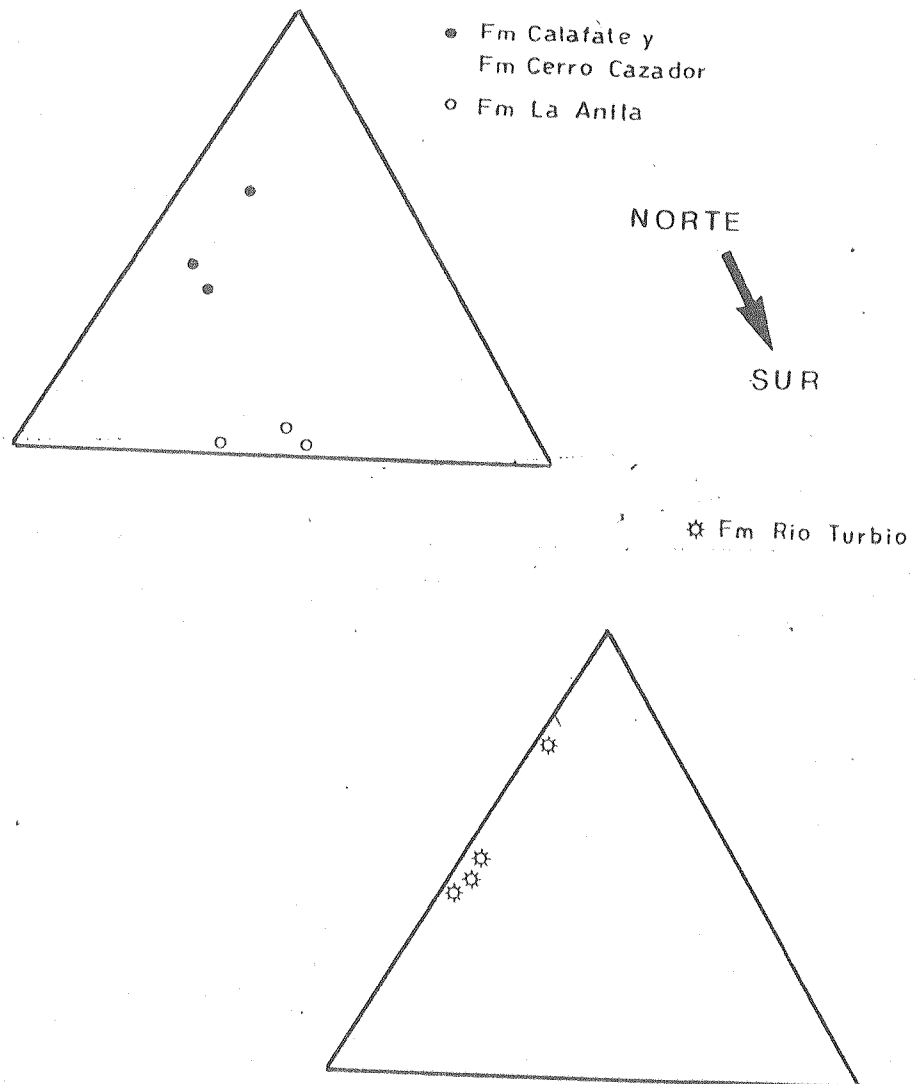
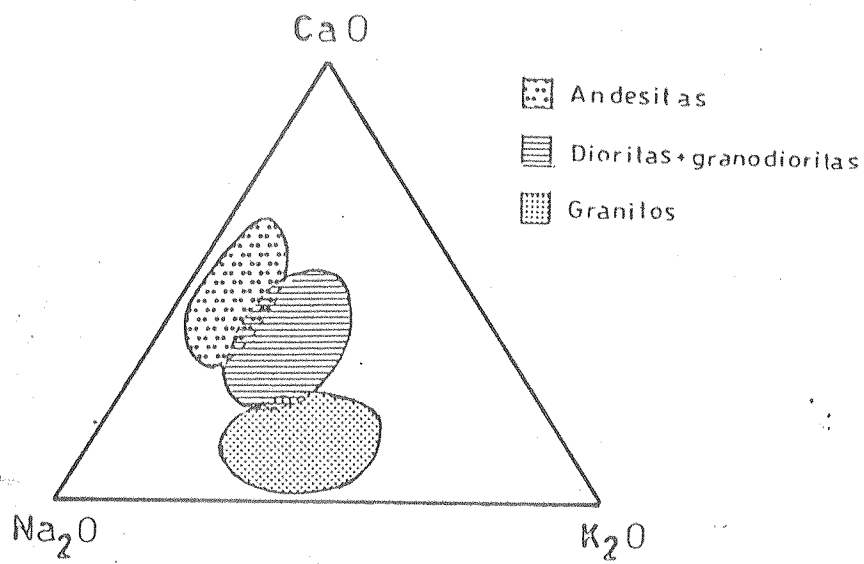
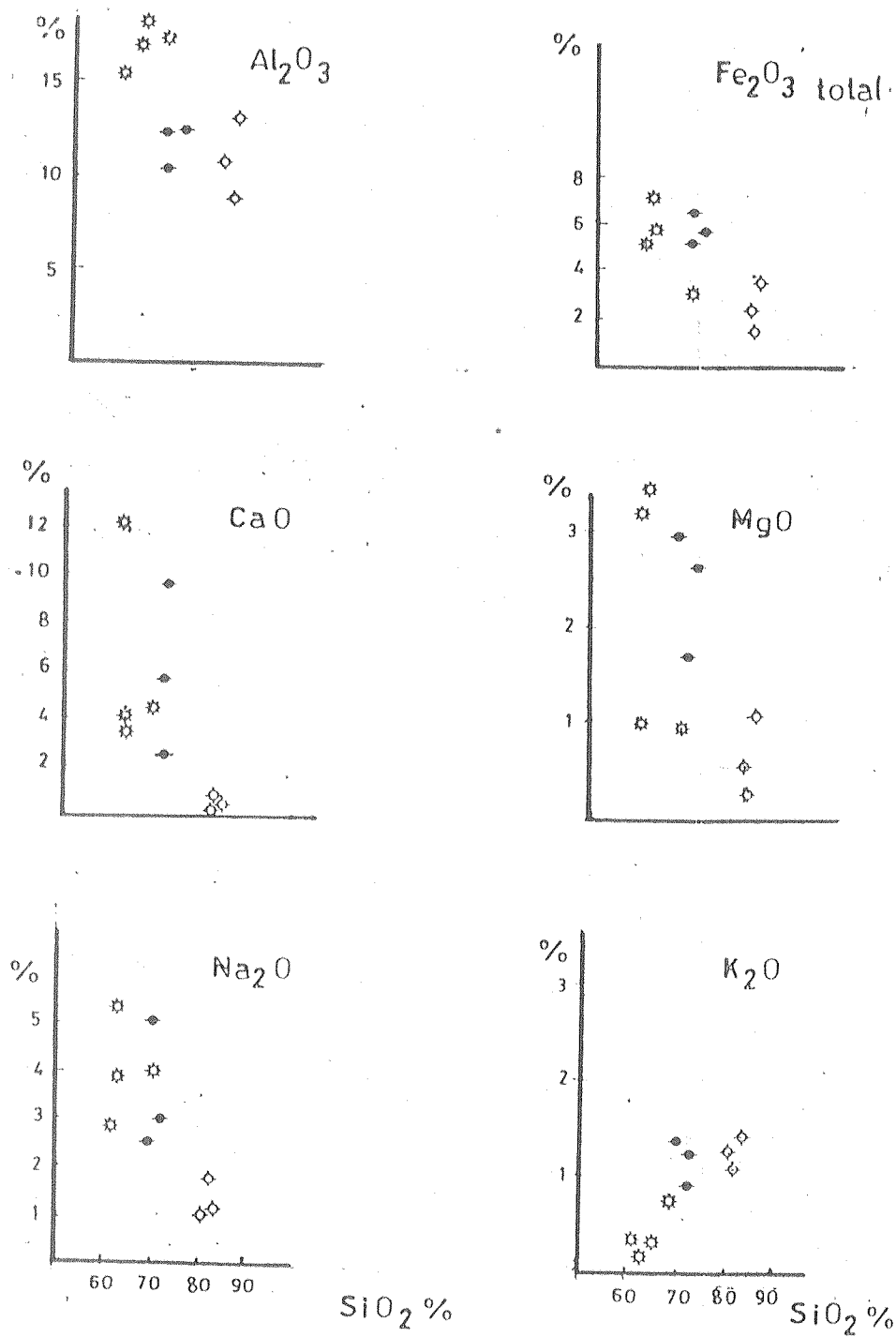


Fig 53- Triángulo de composición CaO-Na₂O-K₂O para las rocas ígneas (Bhatia, 1983) y ubicación de las muestras de areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Río Turbio.



◇ FM LA ANITA

● FM CALAFATE Y FM CERRO CAZADOR

☆ FM RIO TURBIO

Fig 54-Diagramas de variación de Harker para los elementos mayoritarios de las areniscas de las formaciones La Anita, Calafate, Cerro Cazador y Rio Turbio.

La Fm La Anita es la más rica en SiO_2 y la más pobre en CaO , Na_2O , Fe_2O_3 total y MgO en comparación con el resto. Las formaciones Calafate y Cerro Cazador son parecidas a La Anita en sus tenores de Al_2O_3 y K_2O pero todas, en conjunto, difieren de la Fm Río Turbio, pues ésta última posee valores más altos de Al_2O_3 y más bajos de K_2O .

Todo esto nos permite suponer, una fuente granítica para la Fm La Anita, dacítica o granodiorítica para las formaciones Calafate y Cerro Cazador y andesítica o basáltica para la Fm Río Turbio.

Pelitas

Tanto el quimismo como la difracción de los materiales pelíticos estudiados revelan que la Fm La Anita es rica en illita y caolinita mientras que las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo lo son en esmectitas.

Estas dos argilofacies detríticas de carácter diferente se pueden visualizar muy bien en un diagrama triangular $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})-(\text{FeO}+\text{MgO})-\text{Al}_2\text{O}_3$ (Fig 55) desarrollado por Englund y Jorgensen (1973) para mostrar la relación entre la composición química y mineralógica de pelitas. En él se ha volcado además, la composición normativa porcentual de las illitas, esmectitas y cloritas según Merodio y Spalletti (1988).

El gráfico muestra que las pelitas de las Fm La Anita son predominantemente illíticas mientras las pelitas del resto de las unidades se agrupan dentro y alrededor del campo correspondiente a las esmectitas.

Al respecto, Iñiguez et al. (1987) señalan que los resultados que se obtienen pueden verse alterados o depender de la naturaleza autígena de algunos de los componentes mineralógicos de las sedimentitas, como así también de la granulometría de los materiales que se analizan. No

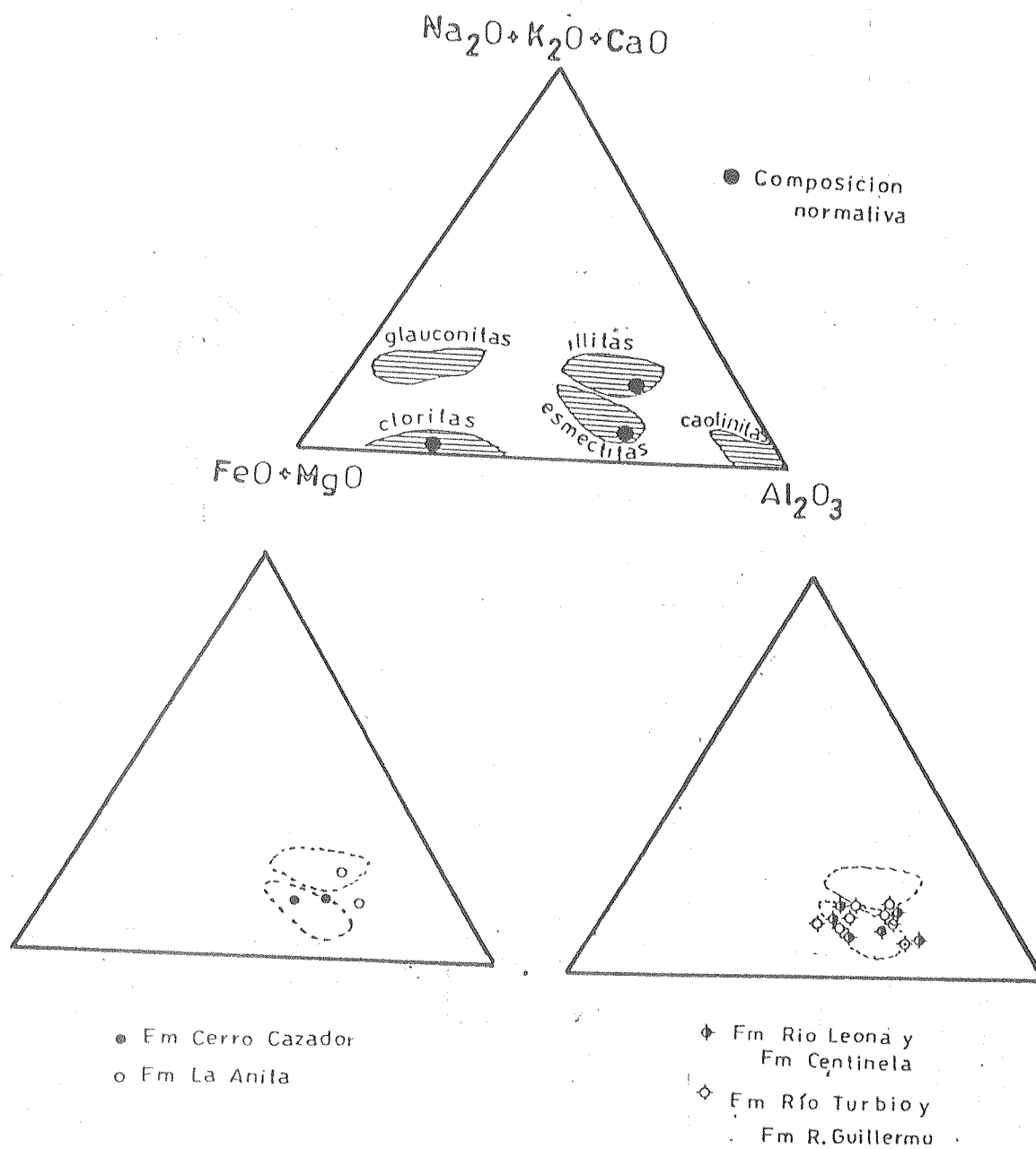


Fig 55- Triángulo de composición $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} - \text{FeO} + \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ para pelita (Englund y Jorgensen, 1973) con ubicación de la composición normativa y de pelitas promedio (Merodio y Spalletti, 1988) y las pelitas de las formaciones La Anita, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo.

obstante, en este caso, podemos asumir que las argilofacies previamente descriptas, illíticas para la Fm La Anita y esmectíticas para el resto de las unidades, están vinculadas composicionalmente a las petrofacies detríticas de areniscas intercaladas en la secuencia.

Ambiente tectónico y geoquímica de areniscas y pelitas

La química de areniscas y pelitas ha sido propuesta para discriminar la procedencia y el ambiente tectónico de sedimentación. Middleton (1960), Crook (1960a, 1960b, 1974), Maynard et al. (1982), Bathia (1983) y Roser y Korsch (1986) han demostrado que los sedimentos de distintos ámbitos tectónicos poseen características químicas particulares. Estos últimos autores señalan que el quimismo de las rocas sedimentarias puede ser particularmente útil en donde el análisis petrográfico no es resolutivo, como es el caso de sedimentos de grano fino.

La variación sistemática de los tenores de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O y Na_2O en areniscas y pelitas ha sido empleada para caracterizar a las rocas generadas en un margen continental activo, en un margen continental pasivo o en un arco de islas oceánico (Figs 56 al 59, según Roser y Korsch, op. cit.), aunque como veremos, esta aproximación resulta demasiado ambiciosa si tenemos en cuenta que un medio sedimentario es un sistema químico abierto, afectado por numerosos cambios "sin" y "post" depositacionales.

Crook (1960a, 1960b, 1974) y Morris (1988) entre otros, argumentan que las modificaciones postdepositacionales como el crecimiento secundario de minerales y el desarrollo de nuevas fases por destrucción del feldespató potásico o la albitización de las plagioclasas constituyen serias interferencias en la determinación de estos ambientes tectónicos y la procedencia. Sin embargo, otros autores, como

Roser y Korsch (1986), sostienen que algunas relaciones elementales, como el cociente K_2O/Na_2O permanecen inalterables en los sedimentos, aún en aquéllos que han sido sometidos a un grado bajo de metamorfismo.

En base a esta última relación y a la proporción relativa de SiO_2 estos autores reconocen a los siguientes tipos de depósitos:

1) Sedimentos de margen continental pasivo y cuencas intracratónicas, generalmente maduros, ricos en cuarzo y minerales de potasio.

2) Sedimentos del margen continental activo, inmaduros y ricos en fragmentos líticos de origen volcánico, derivan de zonas próximas al límite de placas, donde la subducción es activa, generándose una variada gama de ámbitos de depositación como las cuencas de antearco, intrarco y trasarco, "trench" y prisma de acreción.

3) Sedimentos de arco de islas, ricos en líticos volcánicos y muy pobres en cuarzo, derivan por lo general de rocas andesíticas y son depositados en áreas de "trench", intraarco o trasarco, adyacentes a arcos magmáticos activos.

Esta discriminación posee una utilidad relativa, pues existen excepciones perfectamente documentadas de sedimentos actuales que no presentan las características anteriormente mencionadas y coinciden con el ambiente tectónico propuesto por estos autores. Tal es el caso de las arenas que son depositadas en la costa atlántica de Sud América (Potter, 1978, 1984), las del Río Colorado (Blasi y Manassero, 1989), o las del Río de La Plata en su desembocadura (Bercowski, 1986).

Otro inconveniente del modelo de Roser y Korsch (1986), que se evidencia aún en los mismos ejemplos propuestos por estos autores, es la similitud composicional de los sedimentos que se depositan en los

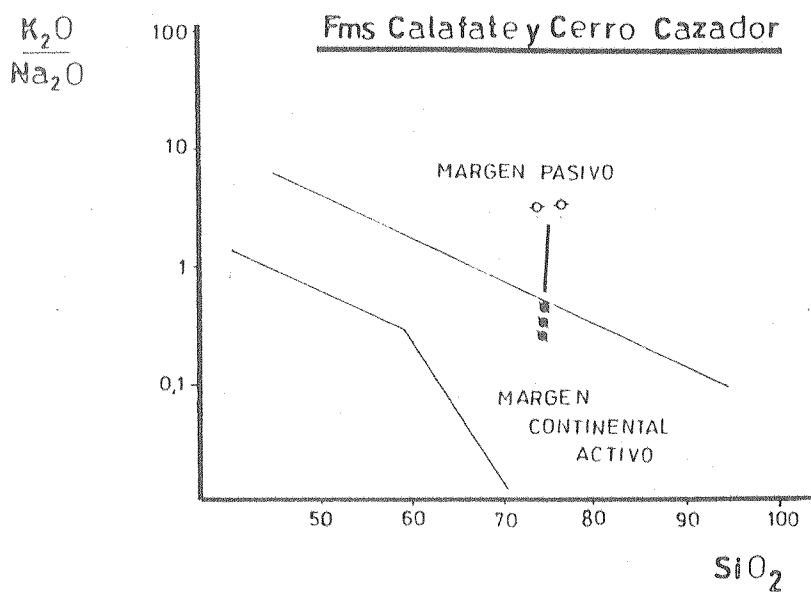
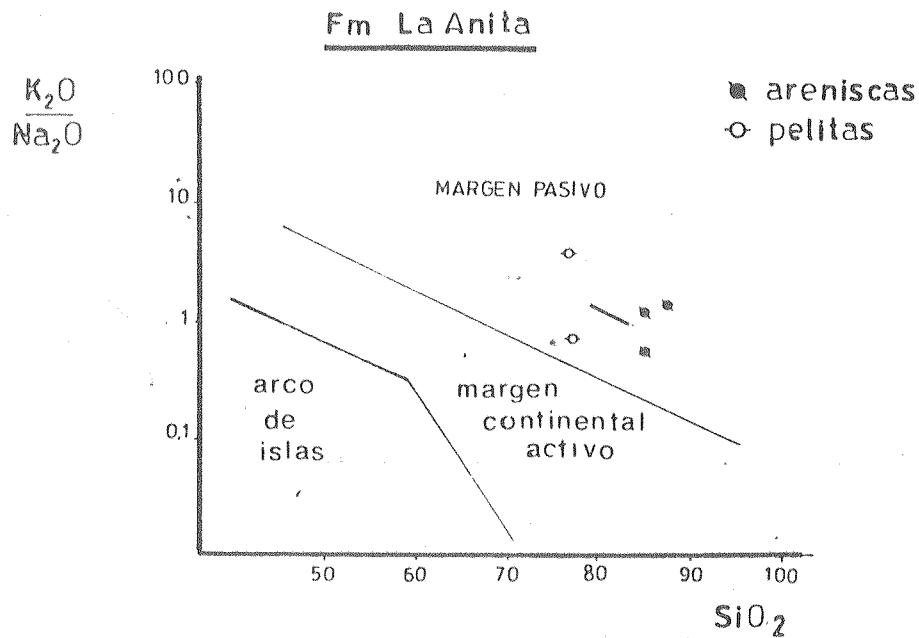


Fig56- Diagrama de discriminación tectónica K_2O/Na_2O vs. SiO_2 para areniscas y pelitas (base anhidra) (Roser y Korsch, 1986) con la ubicación de las muestras de las formaciones La Anita, Calafate y Cerro Cazador.

ambientes descriptos en 2) y 3), que provoca una discriminación pobre de los pares arena-pelita para estos dos campos tectónicos. Este problema ya ha sido evidenciado por Maynard (1981) y Crook et al. (1982), quienes sostienen que la composición de los sedimentos en cuencas de "trench", antearco, intraarco y retroarco son muy similares. Más aún, Roser y Korsch (op. cit.) han mostrado que sedimentos formados en cuencas "pull apart" coinciden en sus atributos composicionales con los de algunos ambientes tectónicos antes mencionados.

Con estas consideraciones previas acerca de los alcances y limitaciones del modelo, podemos proceder entonces, a la evaluación de nuestros resultados:

En el diagrama de discriminación de estos ámbitos tectónicos (Fig 56-A) se observa que las pelitas y areniscas de la Fm La Anita se agrupan en su totalidad dentro del campo de margen continental pasivo, con un ordenamiento lógico determinado por un contenido menor de SiO_2 y mayor de K_2O en las pelitas. Es de destacar que estos pares arena-pelita tienen una disposición tendiente a la horizontal en el diagrama.

Las areniscas de las formaciones Calafate y Cerro Cazador (Fig 56-B), en cambio, se agrupan en el campo de margen continental activo, mientras que las pelitas lo hacen en el de margen pasivo. En este caso, los pares arena-pelita de estas unidades tienen una disposición tendiente a la vertical en el diagrama. Esta tendencia perpendicular a los límites de los campos ha sido reconocida por Roser y Korsch (op.cit.) como característica de cuencas de retroarco.

En el diagrama de la Fig 57-A, se observa que las pelitas de las formaciones Centinela, Río Leona y Río Guillermo caen dentro del campo de margen continental activo, desplazándose hacia el origen de coordenadas al empobrecerse en SiO_2 y K_2O , y entrar, como en el caso

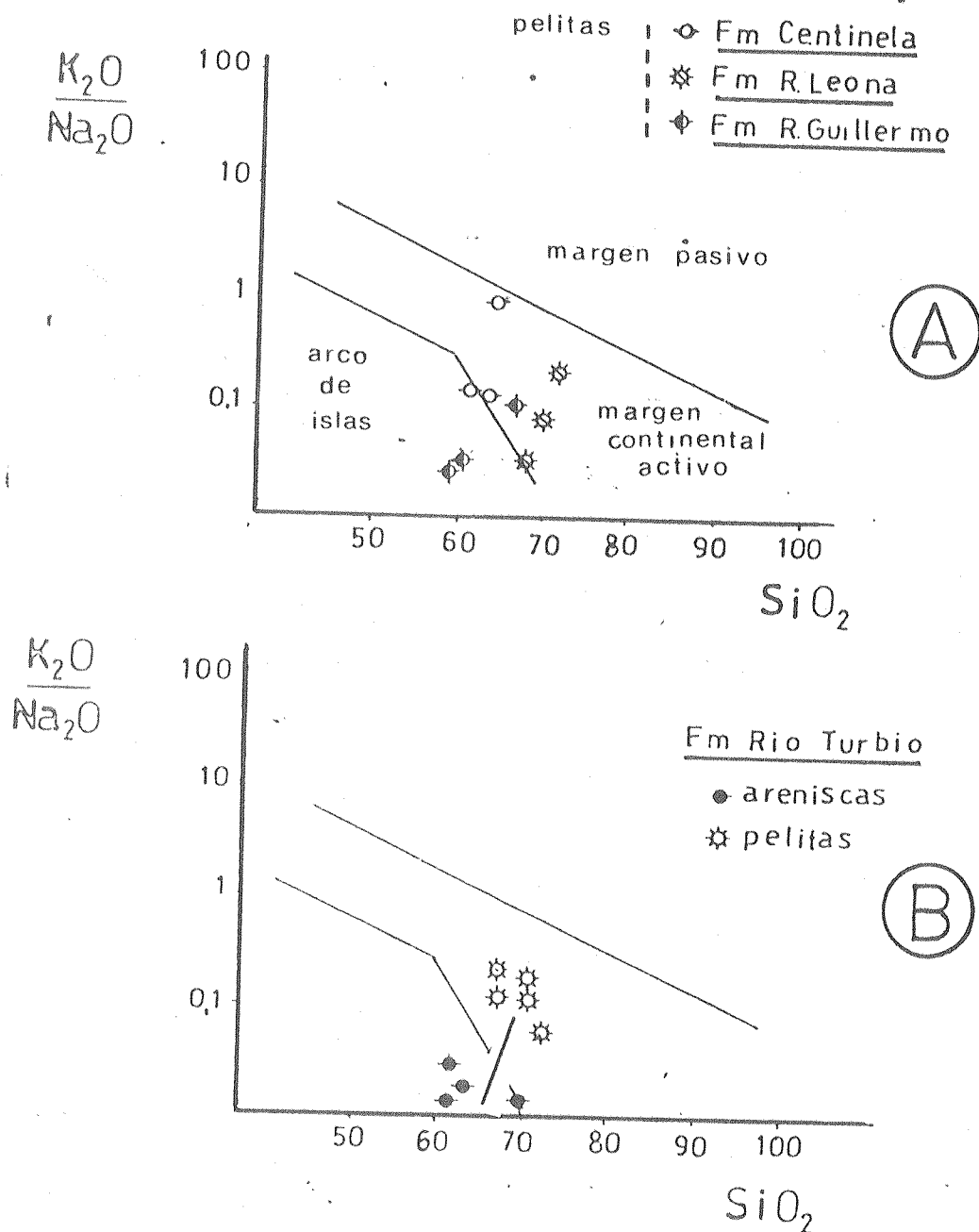


Fig 57-Diagrama de discriminación tectónica K_2O/Na_2O vs. SiO_2 para areniscas y pelitas (base anhidra) (Roser y Korsch, 1986) con la ubicación de las muestras de las formaciones Centinela, Río Leona, Río Guillermo y Río Turbio.

de algunas pelitas de la Fm Río Guillermo, en el campo de arco de islas.

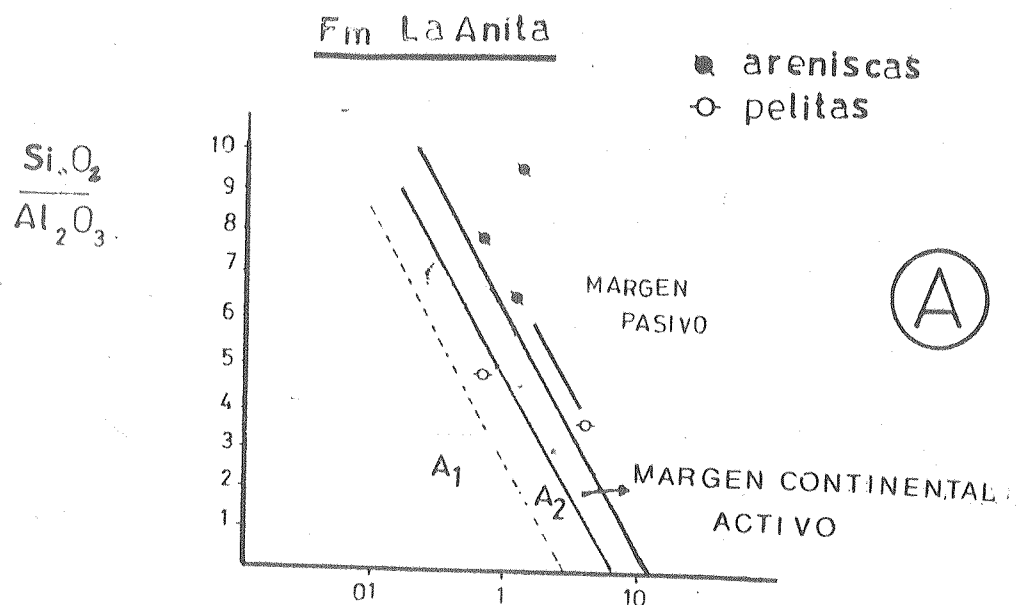
Aunque en estos casos no ha sido posible estudiar el interesante comportamiento de los pares arena-pelita, se confirma en cambio, la gran dispersión de muestras de grano fino en estos dos campos. Estas muestras, muy probablemente pertenecen a un mismo ambiente tectónico de sedimentación que no es bien definido por el modelo.

Las areniscas de la Fm Río Turbio (Fig 57-B) se agrupan dentro del campo de arco de islas, mientras que las pelitas lo hacen en el correspondiente a margen continental activo. Aquí nuevamente, la disposición de los pares arena-pelita tiende a la vertical, denotando un enriquecimiento relativo en SiO_2 en las pelitas del margen activo (Cf. con la Fig 56 B).

Si se utiliza un diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (base anhidra) adaptado de Roser y Korsch (op. cit.) para diferenciar a los sedimentos provenientes de márgenes pasivos, activos, de arco magmático con aporte basáltico y andesítico (A1) y de arco magmático con aporte félsico y plutónico (A2) (Figs 58-A), se observa con mayor claridad cómo las muestras de la Fm La Anita se ubican mayoritariamente en el campo de margen pasivo (sólo hay una muestra de pelita que se ubica en el campo de arco con aporte félsico y plutónico o A-2).

Las muestras de las formaciones Calafate y Cerro Cazador (Fig 58-B) se agrupan, en cambio, en los campos de margen continental activo y arco con aporte félsico y plutónico (A2). Las de la Fm Centinela (Fig 59-A) lo hacen en los campos A1+A2, y el resto de las unidades (formaciones Río Leona, Río Turbio y Río Guillermo), en el campo de arco con aporte basáltico o andesítico (Fig 59-A y B).

Los diagramas 58 y 59 muestran una tendencia evolutiva



A₁ Arco con aporte basáltico y andesítico

A₂ Arco con aporte félsico y plutónico

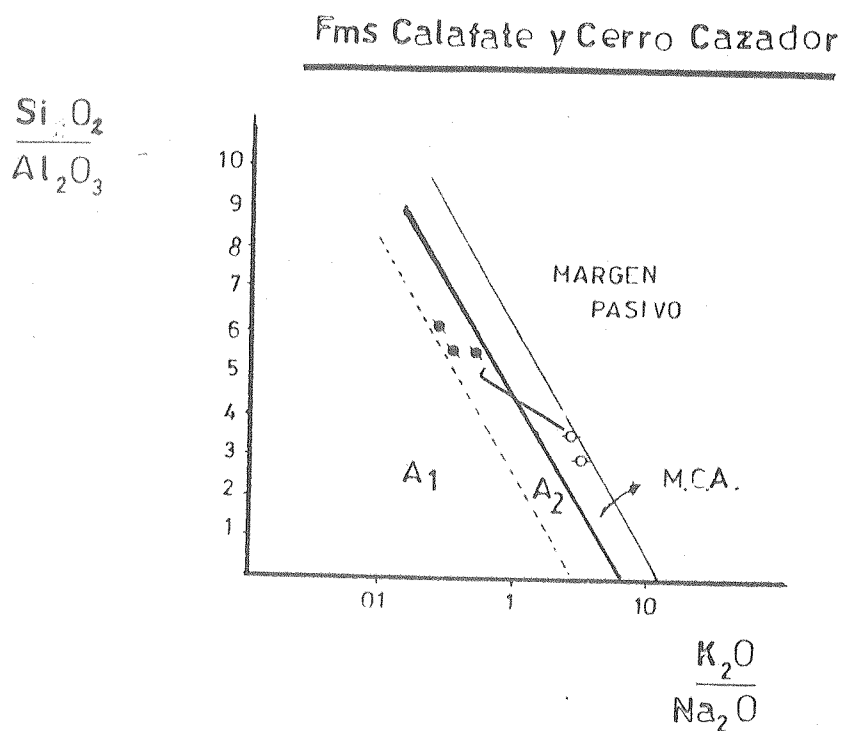


Fig 58-Diagrama de discriminación tectónica $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ para areniscas y pelitas (base anhidra) (adaptado de Roser y Korsch, 1986) con la ubicación de las muestras de las formaciones La Anita, Calafate y Cerro Cazador.

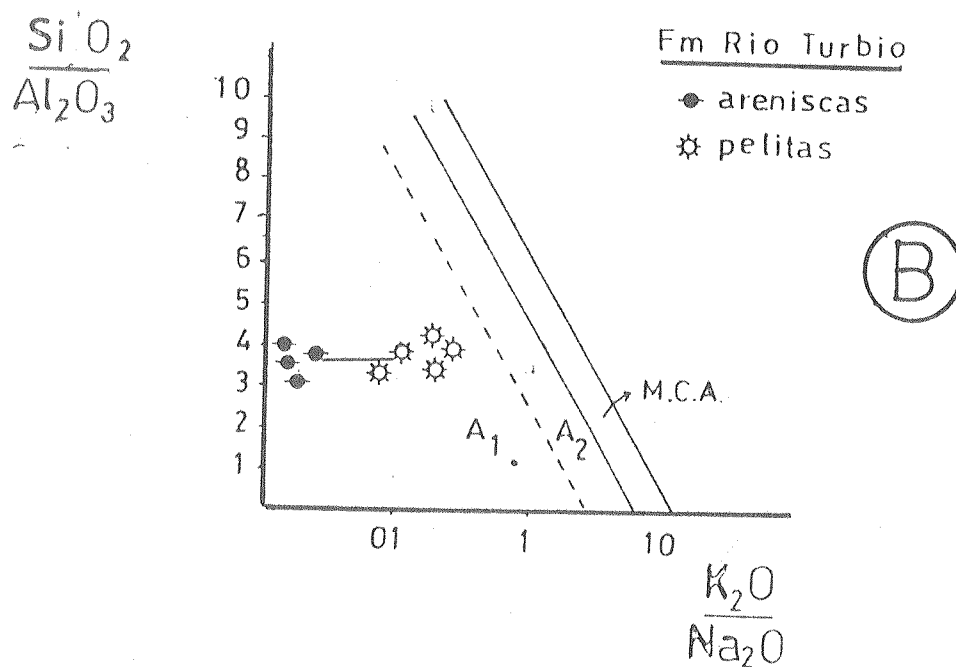
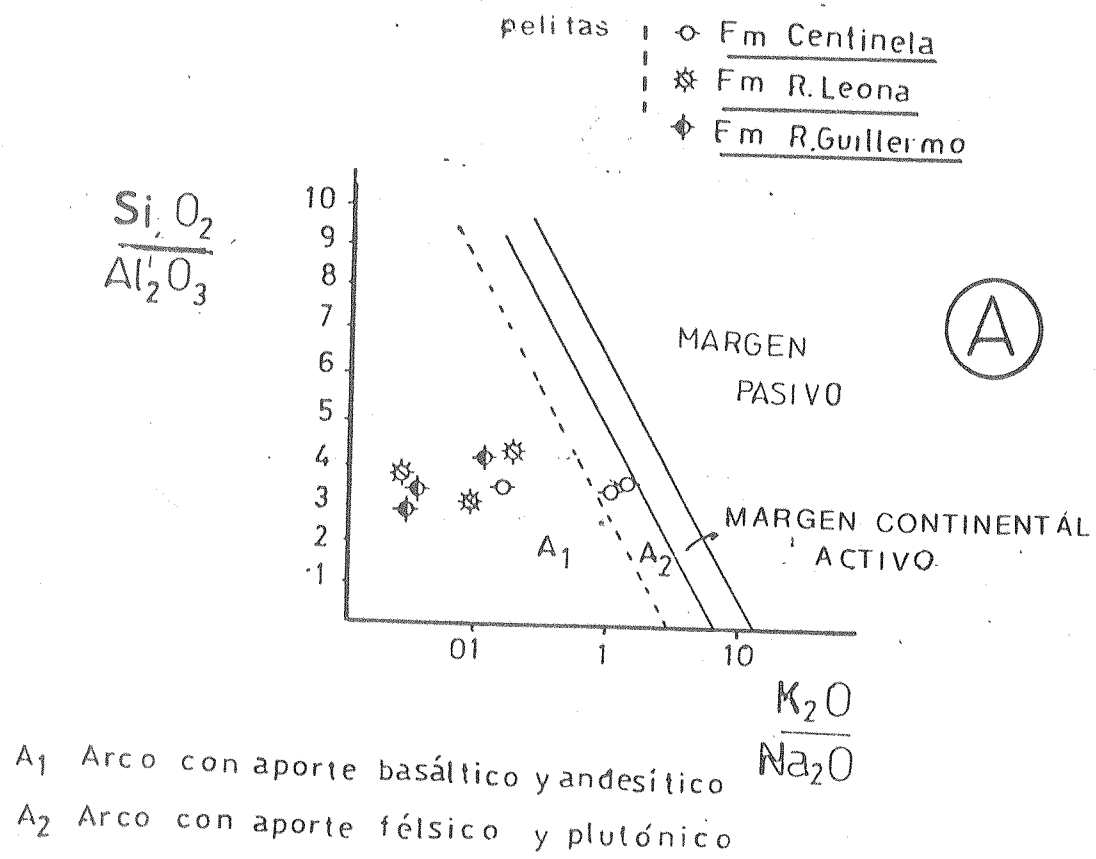


Fig 59-Diagrama de discriminación tectónica $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ para areniscas y pelitas (base anhidra) (adaptado de Roser y Korsch, 1986) con la ubicación de las muestras de las formaciones Centinela, Río Leona, Río Guillermo y Río Turbio.

composicional de la secuencia cretácico-terciaria estudiada. En el área norte, esta tendencia se inicia con petrofacies de margen pasivo (Fm La Anita) y culmina con facies de margen continental activo (formaciones Calafate, Río Leona y Centinela). En el sur, se pasa desde facies de arco magmático (Fm Cerro Cazador), hasta llegar a facies de arco con aporte basáltico y andesítico para las formaciones Río Turbio y Río Guillermo.

Los desplazamientos debidos al tamaño de grano y la diagénesis son, en este caso, de menor importancia pues generalmente tienen lugar dentro de los campos previamente mencionados, por lo cual este esquema no presenta excepciones como en el caso de los diagramas anteriores.

CONCLUSIONES

El análisis químico de areniscas y pelitas pertenecientes a las unidades cretácicas superiores y terciarias inferiores de la Cuenca Austral evidencia a dos grandes grupos o asociaciones de rocas sedimentarias, según provengan de márgenes pasivos con áreas de aporte de litologías predominantemente ígneo-metamórficas cuarzosas (Fm La Anita) o de áreas de márgenes activos como un arco magmático de composición andesítica (formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo). Para estas últimas unidades no se descarta un probable aporte de composición basáltica, aunque el mismo no ha sido previamente detectado por la petrografía de areniscas, ya que todas las plagioclasas medidas por el método de Michel-Levy, dan una composición de oligoclasa a andesina.

Las áreas de aporte cratónicas se manifiestan, en forma dominante, en el sector norte mientras que las de aporte andesítico han ejercido su influencia en toda la región occidental de la cuenca.

En términos generales, los resultados geoquímicos obtenidos son

coherentes con la información suministrada por las modas detríticas y los análisis difractométricos de las rocas de estas formaciones. Se confirma así su procedencia, las tendencias y la evolución de la composición elemental de cada muestra. Se destaca, también, la importancia del muestreo y análisis de los pares arena-pelita de cada unidad, pues su comportamiento en los diagramas de composición química es diagnóstico de los ambientes tectónicos de sedimentación.

Como sucede con los modelos triangulares de Dickinson (1979, 1983) desarrollados para la petrografía de areniscas, los modelos geoquímicos destinados a definir procedencia y ambientes tectónicos de sedimentación presentan excepciones para casos particulares que solo se evidencian por medio de un estudio geológico regional, paleogeográfico, mineralógico y geoquímico integrado.

CAPITULO VI

PROCEDENCIA Y PALEOGEOGRAFIA

Los sedimentos de las formaciones La Anita, Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea, Río Turbio y Río Guillermo sugieren fuentes de aporte ígnea, metamórfica y sedimentaria.

Si bien las estructuras sedimentarias direccionales constituyen un excelente medio para determinar la procedencia, en este estudio no se cuenta con un número estadísticamente significativo de datos para las unidades mencionadas. Además las mediciones realizadas muestran una considerable dispersión que nos impide realizar mayores inferencias. Por lo tanto, los estudios sobre procedencia han tenido que basarse en las características composicionales de las sedimentitas, y en especial de las petrofacies de areniscas y pelitas.

En el caso de la Fm La Anita, se han podido establecer dos fuentes de aporte posibles (Fig 60): 1) a partir de terrenos paleozoicos aflorantes a lo largo del margen occidental de Chile y/o 2) a partir del Macizo del Deseado, ubicado 400 Km hacia el NE del área de estudio. Ambos terrenos presentan los tipos de rocas apropiadas para generar petrofacies ricas en cuarzo, pero en el último caso debemos considerar una distancia de transporte mayor. La procedencias para las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea, Río Turbio y Río Guillermo ha sido desde el arco magmático y desde las vulcanitas jurásicas de la "Serie Tobífera"; en menor proporción, hay aportes del basamento paleozoico. Si bien se carece de datos direccionales, se infiere que las áreas positivas se ubicaban en el margen occidental de la cuenca.

Para entender la evolución geológica del área estudiada, debemos considerar la distribución espacial y temporal de las petrofacies. Las

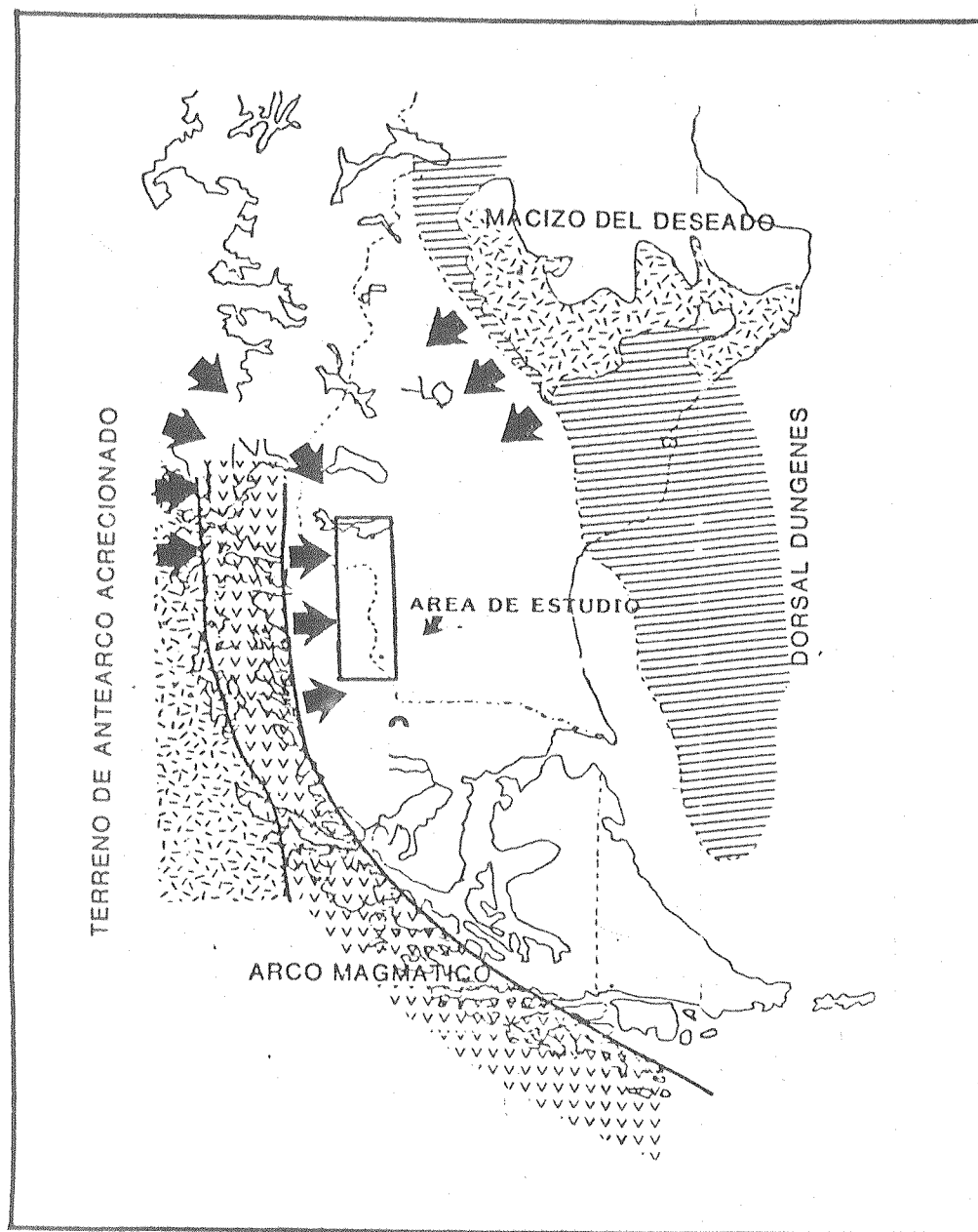


Fig 60-Probables áreas de aporte para las petrofacies de las unidades estudiadas..

facies de La Anita (orógeno reciclado y bloque continental) y Cerro Cazador (arco magmático disectado y mezcla) son coetáneas, a pesar de sus diferencias en composición. Luego tenemos el desarrollo de una facies volcánica en el sector septentrional del área de estudio (Fm Calafate) que es similar a las del Cerro Cazador y Cerro Dorotea en el sur, pero con una mayor proporción de fragmentos volcánicos andesíticos y plagioclasa (arco transicional). Estos cambios se pueden explicar de la siguiente manera:

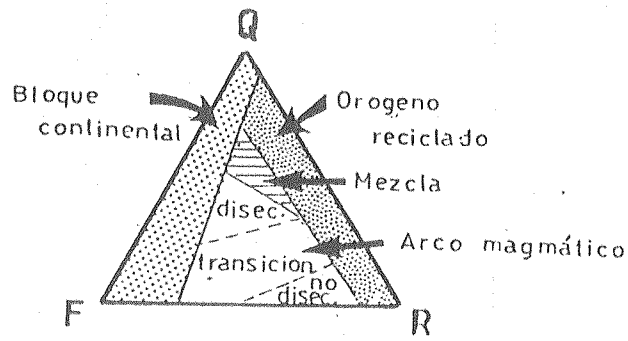
El vulcanismo activo abarcó progresivamente áreas más septentrionales a medida que se producía la depositación de las formaciones Cerro Cazador y Calafate. En este caso, la aparición de las petrofacies volcánicas de la Fm Calafate implica un cambio en las fuentes de aporte desde un orógeno y/o bloque de basamento sobreelevado (Fm La Anita) a un arco magmático, y también variaciones en el paleoflujo deposicional que pasó desde N→S a O→E. Este comportamiento se insinúa también, con la aparición de conglomerados ricos en clastos de origen volcánico e intercalaciones piroclásticas hacia el techo de la Fm La Anita (Miembro La Irene) como preludio de la activación y el crecimiento del arco magmático hacia el oeste y el subsecuente cambio en las áreas de aporte.

Esta tendencia composicional no sólo se cumple para toda la secuencia cretácica-terciaria, sino también se da aún dentro de una misma unidad estratigráfica, como sucede en el caso de la Fm Cerro Cazador. En ella se aprecia un aumento de fragmentos líticos volcánicos y feldespatos de potasio desde el norte hacia el sur. El enriquecimiento relativo en este último mineral puede explicarse por un basculamiento, acreción o ascenso de terrenos basamentales por

incremento de la actividad tectónica en el margen sur de la cubeta.

El área de aporte para las unidades terciarias estudiadas (parte superior de la Fm Calafate y Formaciones Río Leona y Centinela al norte, y Río Turbio y Río Guillermo al sur), continuó siendo el arco magmático que se ubicaba hacia el oeste y que para esa época ya se encontraba sobreelevado por la orogenia andina. El arco suministraba así grandes cantidades de fragmentos andesíticos y plagioclasa a la cuenca de antepaís que permaneció activa hasta el Mioceno.

Estas petrofacies volcaniclásticas, muestran interesantes cambios que permiten inferir la evolución temporal de las áreas de aporte. Ello se manifiesta como desplazamientos de las modas detríticas en los triángulos QFR para toda la secuencia. Así, por ejemplo, se comprueba que unidades de procedencia principal desde este arco ubicado hacia el oeste (Formaciones Calafate, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio), evolucionan con el correr del tiempo desde un arco magmático disectado hacia un arco magmático no disectado (Fig 61). En nuestra opinión, esta tendencia se debe al crecimiento generalizado del arco magmático sobre la corteza continental, con un dominio total de las facies volcaniclásticas (Fm Río Turbio) hacia el techo de la secuencia y una consecuente atenuación marcada del aporte proveniente de las áreas del basamento. Habría entonces dos etapas en el crecimiento del arco que han quedado registradas en la "memoria" composicional de las areniscas de la cuenca. Una primera de aporte mixto, volcánico y de basamento, que se refleja en una línea de mezcla en los diagramas de Dickinson (1979, 1983), y que va desde el campo de arco disectado al de arco no disectado. La segunda etapa se caracteriza por el dominio total del aporte volcaniclástico, sin contribuciones corticales (véase Fig 61). Es importante señalar que en el área septentrional se encuentra una



Dickinson et al. 1983

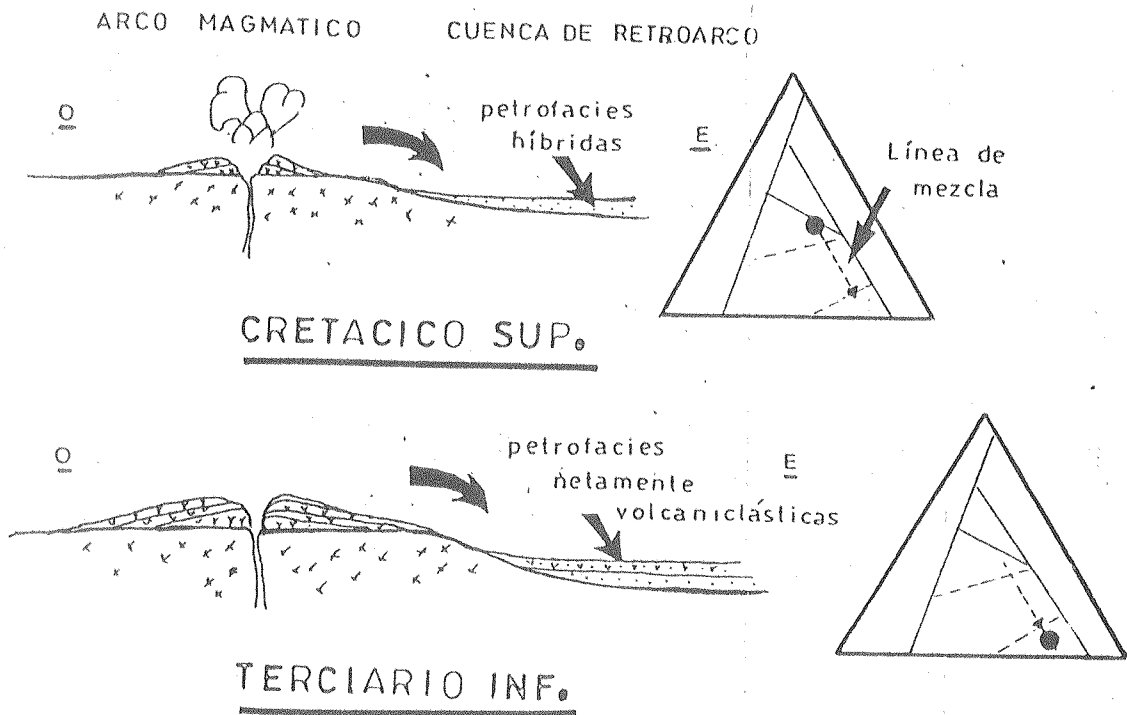


Fig 61- Crecimiento esquemático del arco magmático sobre corteza continental y evolución en el tiempo de la composición de las areniscas en la cuenca de retroarco o antepaís austral.

tendencia similar, pero con la diferencia de que allí partimos inicialmente de una composición más cuarzosa de las petrofacies de areniscas (Fm La Anita) hasta llegar a petrofacies volcaniciclásticas de arco disectado (Fm Calafate).

Se destaca que el estudio de las dos asociaciones de argilofacies: a) illita-caolinita y b) esmectita-ceolita descriptas para las pelitas de las unidades cretácico-terciarias estudiadas, confirma plenamente a las conclusiones obtenidas en el análisis de las petrofacies de areniscas.

Estas tendencias composicionales en la cuenca de retroarco encuentran también un sólido apoyo en la geoquímica. Estos datos -para el Cretácico superior- muestran petrofacies de margen pasivo (Fm La Anita) en el área norte y de margen continental activo tanto en el norte (Fm Calafate) como en la zona central y sur (Fm Cerro Cazador). Para el Terciario inferior se definen facies de arco magmático con aporte félsico y plutónico en el norte (formaciones Río Leona y Centinela) y de arco con aporte basáltico y andesítico en el área de sur (formaciones Río Turbio y Río Guillermo).

Los datos químicos sugieren, además, una probable área de aporte de composición basáltica que no había sido detectada por medio de la petrografía de areniscas. El basalto más viejo datado en la comarca, es el Basalto Posadas y/o equivalentes de edad eocena (Riccardi y Rolleri, 1980, Ramos, 1982). Posee un espesor que varía entre los 2 y 60 metros, y se dispone entre las formaciones Río Leona y Centinela. Este evento magmático probablemente comenzó en el Paleoceno, alcanzó su clímax en el Eoceno y perduró hasta el Oligoceno. Representaría una asociación petrotectónica relacionada con una fisuración profunda, sin

contaminación de la corteza siálica, correspondiente a los basaltos olivínicos formados en períodos de distensión durante el Terciario inferior. Queda fuera de los alcances de este trabajo la detallada cuantificación de esta eventual influencia en relación al aporte andesítico, aunque se supone de menor importancia.

La abundancia creciente en el tiempo de las petrofacies volcaniclasticas demuestra la existencia de un importante proceso geotectónico (Laramico?) que se manifestó como una intensificación de la actividad volcánica a lo largo de todo el borde occidental de la cuenca hacia el límite Cretácico-Terciario. A partir de este paroxismo regional, se acumularon grandes cantidades de sedimentos volcánicos andesíticos como resultado de la denudación del sector cordillerano.

Estas tendencias evolutivas de las modas detríticas en las areniscas de la cuenca de antepaís austral, sugieren una alta complejidad de las fuentes de aporte, con mezcla de detritos ígneos, metamórficos y sedimentarios. En este sentido, la región presenta un comportamiento similar al de la Cuenca Neuquina (Kugler, 1987), en donde para las unidades sedimentarias jurásicas y cretácicas se verifica la presencia de tres fuentes de aporte volcánicas (vulcanitas jurásicas, y arcos magmáticos paleozoico superior relictico y cretácico), además de otras tres fuentes ígneo-metamórficas alternativas (basamento paleozoico y raíces graníticas de los dos arcos magmáticos antes citados).

Los estudios de procedencia a partir de la composición de las sedimentitas ayudan también a definir el cuadro paleogeográfico regional durante el Cretácico-Terciario. Se aprecian -en este sentido- dos áreas con características bien definidas, una en el sector norte y la otra en el sur. En el norte, durante el Cretácico superior (Fig 62) se evidencia la progradación de facies de frente deltaico (Miembro Cachorro de la Fm

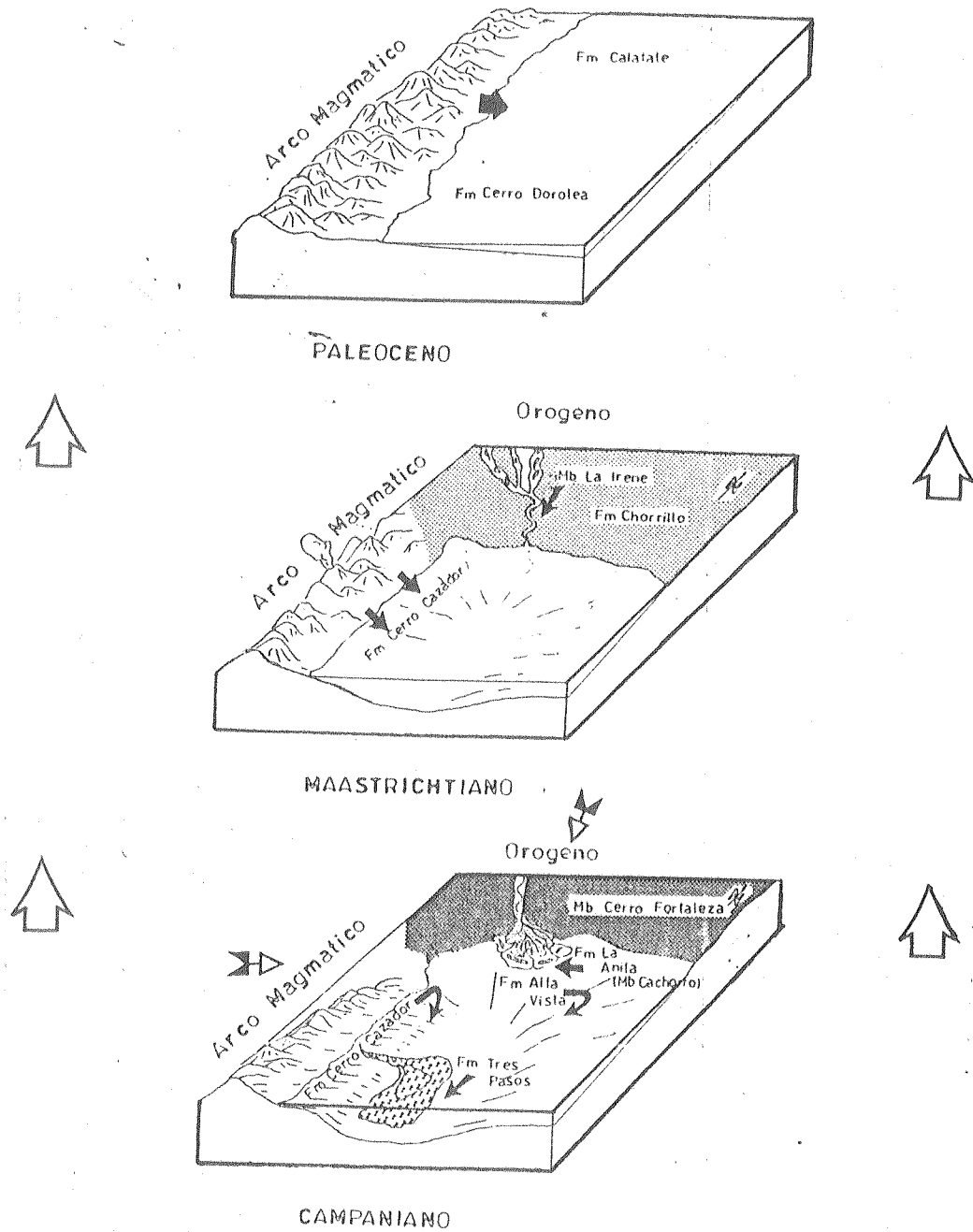


Fig 62-Cambio del área de aporte y evolución paleogeográfica del área de estudio

La Anita) sobre turbiditas (Fm Alta Vista), hasta llegar a facies fluviales anastomosadas (Cf. Arbe y Hechem, 1984 y Macellari et al., 1989) y de planicie de inundación (Miembro La Irene de La Fm La Anita y Fm Chorrillo, respectivamente). Sobre estas unidades, se depositaron en forma transgresiva, los términos marinos someros de la parte inferior de la Fm Calafate, de probable edad maastrichtiana. Todas las unidades deltaicas y fluviales muestran procedencia desde un orógeno ubicado al norte. Por su parte, durante el Terciario inferior, las facies marinas de plataforma del término superior de la Formación Calafate y las formaciones mixtas Río Leona y Centinela tienen procedencia desde el arco magmático, desde terrenos volcánicos de la "Serie Tobífera" y desde áreas de constitución cortical que se ubicaban al oeste.

Por su parte, en el sector sur del área de estudio, también existen facies turbidíticas (Fm Tres Pasos) -equivalentes a las mencionadas en el párrafo anterior- que son cubiertas por facies marinas de plataforma (Formaciones Cerro Cazador y Cerro Dorotea) del Cretácico superior. Finalmente se llega a facies continentales con episodios marinos intercalados -formaciones Río Turbio y Río Guillermo- del Terciario inferior. Se infiere que todas estas unidades tienen áreas de procedencia al oeste, con un mayor aporte de material andesítico a medida que se produce el relleno clástico de la cuenca.

Como se puede apreciar, las condiciones paleogeográficas imprimen un sello particular en la composición del registro sedimentario, requiriéndose extrema precaución en el uso de diagramas de discriminación de ámbitos tectónicos de sedimentación (Cf. Dickinson et al., 1983) que pueden resultar demasiado simplificados para explicar lo que sucedió en la cuenca. Este estudio muestra que la determinación de

procedencia debe integrarse con análisis geológicos regionales y paleogeográficos. Además se comprueba, mediante el uso y la confrontación de distintas metodologías composicionales, que las posibilidades de encontrar excepciones y tendencias evolutivas no consideradas en modelos petrofaciales o tecto-composicionales, aumentan a medida que entran en juego un mayor número de áreas de aporte alternativas. Esto ocurre típicamente en el caso de cuencas de antepaís o retroarco, donde existen aportes desde múltiples terrenos geológicos, tanto vinculados a márgenes continentales activos, como a zonas cratónicas y antiguos orógenos.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En el presente capítulo se reseñan en forma puntual y a modo de conclusiones, todos aquellos nuevos aportes que han surgido de este trabajo y que se considerarán más relevantes.

1) Geotectónica. El estudio de las petrofacies sedimentarias confirman a los modelos de Dalziel et al. (1979), Winslow (1981) y Dott et al. (1982), quienes proponen el desarrollo de un arco magmático activo en el borde occidental de la Cuenca hacia fines del Cretácico.

Estos resultados, en cambio, no son bien explicados por la teoría de "Rift abortado" y aloctonía de granitos propuesta por Arbe (1987) para esta misma zona.

2) Estratigrafía. La división estratigráfica propuesta respeta, en líneas generales, a la de autores anteriores que trabajaron en la zona. Se presenta una versión modificada del esquema de Arbe y Hechem (1984), reconociéndose una discordancia regional en la base de la Fm Calafate que no fuera anteriormente reconocida. Además, se reemplaza al término Formación Cerro Fortaleza (Arbe y Hechem, 1986) por el término de Miembro, por tratarse de facies que se ubican dentro de la Fm La Anita.

3) Mineralogía de arcillas. Dos argilofacies detríticas vinculadas a las petrofacies de areniscas han sido reconocidas en el análisis difractométrico de 47 muestras pelíticas de la secuencia; una asociación illita-caolinita para la Fm La Anita y la otra, rica en esmectita-ceolita para las formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea, Río Turbio y Río Guillermo.

Se propone, además, un diagrama ternario de clasificación de áreas generadoras de pelitas de origen detrítico en base a las proporciones relativas de illita, caolinita, esmectitas, ceolitas, cuarzo y

feldespatos.

4) Petrografía de areniscas. Dos petrofacies de areniscas distintas han sido reconocidas en el análisis modal de 137 muestras, una rica en cuarzo, de proveniencia a partir de un orógeno reciclado para la Fm La Anita y la otra rica en fragmentos volcánicos proveniente de un arco magmático para las formaciones Calafate, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio. Todas estas unidades sedimentarias fueron depositadas en una cuenca de antepaís desarrollada al oriente de este arco, durante el Cretácico superior y el Terciario inferior.

Se han hallado tendencias composicionales al incremento de fragmentos volcánicos y plagioclasa de norte a sur y de base a techo de la secuencia cretácica superior y terciaria inferior. Dentro de la secuencia cretácica superior, se advierte además, incremento de feldespato de potasio desde el norte hacia el sur del área estudiada.

Los valores más altos de porosidad intergranular (hasta 14%) fueron detectados en la Fm La Anita, en especial en los cuerpos arenosos del Miembro Cachorro, que presentan, por lo tanto, potencialidad como reservorio.

Para poder ubicar las muestras en los triángulos de composición (Dickinson et al., 1979, 1983) y comprender los desplazamientos de las modas detríticas dentro de los mismos, se han considerado y enumerado a una serie de factores metodológicos y geológicos condicionantes de esta técnica. Estas consideraciones previas, que mejoran notablemente la calidad de este análisis, son aplicables a cualquier estudio de tendencias composicionales en sedimentos silicoclásticos.

5) Geoquímica. La geoquímica de elementos mayoritarios en 28 muestras seleccionadas de areniscas y pelitas de estas unidades presenta

resultados coherentes con la petrografía y mineralogía de estas rocas en cuanto a la inferencia de los ambientes tectónicos y características de las áreas de aporte. Se destaca la importancia del muestreo y análisis de los pares arena-pelita en cada unidad, pues su comportamiento en los diagramas de composición química es de gran valor diagnóstico en la determinación de los ambientes tectónicos de sedimentación.

Si bien los datos químicos resultan ilustrativos y permiten estudiar tendencias o proporciones relativas de los elementos y determinar probables aportes de la cuenca de composición basáltica, la técnica no permite avanzar en forma significativa respecto a la definición de ambientes tectónicos que brinda el análisis integrado de la mineralogía de areniscas y pelitas.

6) Procedencia. La evolución de las modas detríticas en las unidades cretácica superiores y terciarias inferiores de esta cuenca de antepaís sugieren una alta complejidad de las áreas de aporte con mezcla de detritos de origen ígneo, metamórfico y sedimentario. Se han encontrado dos asociaciones minerales en areniscas y pelitas provenientes de áreas de aporte totalmente diferentes: de composición plutónica-metamórfica (basamento paleozoico, Macizo del Deseado en Argentina y raíz granítica del arco magmático cretácico en el borde occidental de la cuenca), y de composición volcánica ("Serie Tobífera" Jurásica superior y arco magmático andesítico del Cretácico superior).

Estas petrofacies y tendencias han sido reconocidas dentro del marco regional y geotectónico como indicativas de un mayor aporte de detritos andesíticos provenientes del arco magmático en el sur durante la depositación de las formaciones Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio, para esta última unidad, el aporte fue principalmente de composición andesítica. Gradualmente este aporte se extendió hacia el

norte, durante el Maastrichtiano, donde hasta entonces prevalecían los sedimentos provenientes de un orógeno. La aparición de las petrofacies de la Fm Calafate y argilofacies de las formaciones Río Leona y Centinela marca un cambio de fuentes de aporte y de paleoflujo de depositación, posiblemente causado por el levantamiento de la cordillera. Este levantamiento, que provocó el aporte de grandes cantidades de líticos andesíticos y plagioclasas provenientes del arco magmático en el sector norte del área estudiada, fue precedido por pulsos de conglomerados ricos en clastos de origen volcánico ácido y areniscas con intercalaciones piroclásticas en el techo de la Fm La Anita.

Desafortunadamente, los datos de paleocorrientes no fueron concluyentes por la falta de un número estadísticamente significativo de mediciones y por su dispersión, pero considerando la composición de las petrofacies descriptas se pueden asignar las siguientes fuentes de aporte: para la Fm La Anita, un terreno paleozoico acrecionado hacia el oeste y/o el Macizo del Deseado al noreste; para la formaciones Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Cerro Dorotea y Río Turbio, el arco magmático, la "Serie Tobífera", y en menor proporción, el basamento paleozoico que se ubican al oeste.

7) Paleogeografía. Para el Cretácico superior, en el sector norte del área de estudio, los ambientes de depositación evolucionan desde facies marinas profundas hasta llegar a facies continentales. De base a techo de la secuencia se presentan: facies turbidíticas (Fm Alta Vista), facies de frente deltaico (Miembro Cachorro de la Fm La Anita) y facies fluviales anastomosadas (Arbe y Hechem, 1984; Macellari et al., 1989) y de planicie de inundación (Miembro La Irene de la Fm La Anita y Fm

Chorrillo). Sobre estas últimas, hay una transgresión bien representada en esta zona por los sedimentos marinos someros de la Fm Calafate, la mitad inferior de esta unidad sería maastrichtiana mientras que la superior, tendría una edad paleocena. Todas las unidades deltaicas y fluviales son cuarzosas y provienen de un orógeno ubicado al norte.

Para el Terciario inferior en el sector norte, tenemos el desarrollo de facies marinas de plataforma de las parte superior de la Fm Calafate, y de las Formaciones Río Leona y Centinela, con una procedencia desde terrenos volcánicos (arco magmático y "Serie Tobífera") ubicados hacia el oeste.

En el sector sur del área de estudio, también existe una evolución de facies sedimentarias similar. Para el Cretácico superior, de base a techo tenemos: facies tubidíticas (Fm Tres Pasos), facies marinas de plataforma (Formaciones Cerro Cazador y Cerro Dorotea). Por último, durante el Terciario inferior tenemos facies continentales con episodios marinos intercalados (Formaciones Río Turbio y Río Guillermo). Todas estas unidades provienen desde el arco magmático, y muestran un mayor aporte de material andesítico.

En esta Tesis Doctoral se demuestra que los cambios en las áreas de aporte y una evolución paleogeográfica compleja en la cuenca de retroarco o antepaís, imprimen un sello particular a la composición del registro sedimentario. Se comprueba, además, la importante utilidad que poseen los modelos y diagramas de discriminación de ambitos tectónicos para describir e interpretar con acierto, la procedencia de los aportes detríticos, las tendencias composicionales y los eventos de depositación en la cuenca. El apoyo de la información geológica regional y paleogeográfica resulta insustituible para la concreción de estos fines.

CAPITULO VIII

AUTORES CITADOS

- Aguirre, L., 1985, The Southern Andes in "The Ocean Basins and margins, v.7 A: The Pacific Ocean, Plenum Press, NY, p.265-360.
- Allen, R. B., 1982, Geología de la Cordillera Sarmiento, Andes Patagónicos, entre los 51-00' y 52-15' lat. S., Magallanes, Chile: Serv. Nac. Geol. Min. Chile, Bol. 38, 46 p.
- Arbe, H.A., y Hechem, J. J., 1984, Estratigrafía y facies de depósitos continentales, litorales y marinos del Cretácico Superior, Lago Argentino, Provincia de Santa Cruz: IX Congr. Geol.Arg., S.C. de Bariloche, Actas VII, p. 124-158.
- Arbe, H.A., 1986, El Cretácico de la Cuenca Austral: sus ciclos de sedimentación, Río Gallegos, YPF, Informe inédito.
- Archangelsky, S., 1968, Sobre el Paleomicroplancton del Terciario inferior de Río Turbio, Prov de Santa Cruz, Ameghiniana, v. 5 n.10, p.406-416.
- Archangelsky, S., 1969, Estudio del Paleomicroplancton de la Fm Río Turbio (Eoceno), Prov de Santa Cruz, Ameghiniana, v6,n.3, p.181-218.
- Archangelsky, S., 1972, Esporas de la Fm Río Turbio (Eoceno), Prov. de Santa Cruz, Rev. Mus. La Plata, (N.S.) 6 (Paleont 39), p.65-100.
- Arrondo, D. G., 1983, Informe estudio Paleontológico. Unpub. Report Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires.
- Basu, A., 1984, Influence of climate and relief on composition of sands released at source areas, in "Provenance of arenites", Nato ASI Series, Reidel Pub.Com., p.1-18.
- Bathia, M.R., 1983, Plate tectonics and geochemical composition of sandstones, Jour. of Geol., v 91, n. 6, p.611-627.
- Bercowski, F., 1986, Arenas del Río de La Plata: una excepción a la relación entre composición de areniscas y la tectónica de placas, Primeras Jornadas de Sedimentología, La Plata, Actas, p.263-266
- Berry, E.W., 1906, A note on Mid Cretaceous Geography, Science, Washington, v. 23, p. 509-510.
- Berry, E.W., 1937, Eocene plants from Río Turbio in the territory of Santa Cruz, Patagonia, John Hopkins Univ., Stud. Geol., Baltimore, 12, p.91-97.
- Bianchi, J. L., 1967, Informe preliminar acerca de los perfiles estratigráficos realizados en el sector occidental de la Cuenca Austral durante las campañas 1964/65 y 1965/66. inédito. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires. Fig 90

- Biddle, K.T., Uliana, M.A., Mitchum, R.M., Fitzgerald, M.G., Wright, R.C., 1987, The stratigraphic and structural evolution of the central and eastern Magallanes Basin, Southern South America, International Association of Sedimentology, Special Publication.
- Blasco de Nullo, G., Nullo, F., y Proserpio, C., 1980, Santoniano-Campaniano: Estratigrafía y contenido amonitífero: Cuenca Austral: Rev. Asoc. Geol. Arg., v. 35, no. 4, p. 467-493.
- Blasi, A., y Manassero, M.J., 1989, The Colorado River of Argentina: source, climate and transport as controlling factors in plate tectonics sand composition, Journal of South American Earth Sciences, en prensa.
- Blatt, H., Middleton, G., y Murray, R., 1972, Origin of Sedimentary Rocks, Prentice Hall Inc. Publ., New Jersey, 634 p.
- Boggs, Jr., S., 1968, Experimental study of rocks fragments, Jour. of sed. Pet., v. 38, p. 1326-1339.
- Borrello, A.V., 1956, Combustibles Sólidos Minerales, Mus. Arg. Cienc. Nat. B. Rivadavia, Cienc. Geol., Bs As, v.5, p. 26-665.
- Borrello, A.V., 1969, Los Geosinclinales de la Argentina, An. Dir. Nac. Geol. Min., Bs As, v.14, p. 1-188.
- Brandmayr, J., 1937, Informe de la región preandina al este de los lagos Sarmiento y Maravilla, y del Seno de Ultima Esperanza (Patagonia Austral), Inf. AGI, C.S.M..
- Brandmayr, J., 1945, Contribución al conocimiento geológico del extremo sudsudoeste del Territorio de Santa Cruz (región Cerro Cazador-Rio Turbio): Bol. Inform. Petroleras, Buenos Aires, v. 22, n. 256.
- Bruhn, R. L., 1979, Rock structures formed during back arc basin deformation in the Andes of Tierra del Fuego, Geol.Soc.of Am.Bul., part 1, v.90, p.998-1012.
- Carrigy, M.A., y Mellon, G.B., 1964, Authigenic clay mineral cements in Cretaceous and Tertiary sandstones of Alberta, Jour. of Sed. Pet., v.34, n.3, p.461-472.
- Cecioni, G., Fuenzalida, H., Hoffstetter, R., 1957, Lexique Stratigraphique International, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France, v.5, fasc.7, 444 p.
- Cecioni, G., 1957 a, Cretaceous flysch and molasse in Departamento Ultima Esperanza, Magallanes Province, Chile: AAPG Bull., v.41, p. 538-564.
- Cecioni, G., 1957 b, Etá della flora del Cerro Guido e stratigraphia del Departamento Ultima Esperanza, Provincia di Magaellano, Chile: Bol. Soc. Geol. Ital., v. 76, p. 3-16.

- Cecioni, G., y Charrier, R., 1974, Relaciones entre la Cuenca Patagónica, la Cuenca Andina y el Canal de Mozambique: Ameghiniana, v.11, no. 1, p. 1-38.
- Charrier, R., y Lahsen, A., 1969, Stratigraphy of Late Cretaceous-Early Eocene, Seno Skyring-Strait of Magellan area, Magallanes province, Chile: AAPG Bull., v. 53, p. 568-590.
- Crook, K.A.W., 1960a, Petrology of the Tamworth Group, Lower and Middle Devonian, Tamworth-Nundle district, New South Wales, Jour. of Sed. Pet., v.30, p.353-369.
- Crook, K.A.W., 1960b, Petrography of Parry Group, Upper Devonian-Lower Carboniferous, Tamworth-Nundle district, New South Wales, Jour. of Sed. Pet., v. 30, p. 538-552.
- Crook, K.A.W., 1974, Lithogenesis and geotectonics: the significance of compositional variations in flysh arenites (greywackes), en Dott R.H. and Shaver eds, Modern and ancient geosynclinal sedimentation, SEPM, Spec. Pub., 19, p.304-310.
- Crook, K.A.W., Taylor, G.R., y Bolton, B.R., 1984, Geochemistry of indurated and unconsolidated sediments from the seafloor of the Solomon Islands and Woodlark Basin, CCOP/SOPAC Tech., Rept., n.34, p.275-312.
- Dalziel, I. W. D., 1981, Back-arc extension in the southern Andes: A review and critical reappraisal: Phil. Trans. Roy. Soc. London, ser. A, p. 319-335.
- Dalziel, I. W. D., y Palmer, K. F., 1979, Progressive deformation and orogenic uplift at the southern extremity of the Andes: GSA Bull., v. 90, p. 259-280.
- Dalziel, I. W. D., de Wit, M. J., y Palmer, K. F., 1974, A fossil marginal basin in the southern Andes: Nature, v. 250, p. 291-294.
- Danderfer, J.C., 1981, Informe geológico de la Fm Arroyo Oro (Ea. La Escondida), Prov de Santa Cruz, YCF, informe inédito.
- Dapples, E.C., 1972, Some concepts of cementation and lithification of sandstones, Min. Bull. of Ame. Assoc. of Petrol. Geol., v.56, n.1, p. 3-25.
- Davies, D.K., y Ethridge, F.G., 1975, Sandstone composition and depositional environment, Am. Assoc. of Petro. Geol. Bull., v. 59, n. 2, p. 239-264.
- De Giusto, J.M., Di Persia, C.A., Pezzi, E., 1980, Nesocratón del Deseado, Geol. Reg. Arg., Acad. Nac. de Cs, Cba, Arg., v.2, p.1389-1430
- Di Benedetto, H. J., 1972, Informe geológico entre Meseta de las Vizcachas y Ea. La Primavera, Prov. de Santa Cruz, Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Bs As, informe inédito.

- Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of graywacke and arkose, *Jour. of Sed. Pet.*, v. 40, n. 2, p.695-707.
- Dickinson, W.R., y Suczek, C.A., 1979, Plate tectonics and sandstone composition, *AAPG Bull.*, v.63, p. 2164-2182.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., y Ryberg, P.T., 1983, Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting, *Geol. Soc. of Am. Bull.*, v.94, p. 222-235.
- Dott, R.L., 1964, Wacke, graywacke and matrix- what approach to immature sandstone classification?, *Jour. of Sed. Pet.*, v.34, p.625-632.
- Dott, R. M., Jr., Winn, F. D., Jr., y Smith, C. M. L., 1982, Relationship of Late Mesozoic and Early Cenozoic sedimentation to the tectonic evolution of the southernmost Andes and Scotia Arc, en E. Craddock (ed.), *Antarctic Geoscience: Univ. Wisconsin Press, Madison*, p. 193-203.
- Englund, J.O., y Jorgensen, P., 1973, A chemical classification system for argillaceous sediments and factors affecting their composition, *Geologiska Foreningens i Stockholm Forhandlingar*, v 95, p. 87-97.
- Feruglio, E., 1938, El Cretáceo superior del Lago San Martin y de las regiones adyacentes: *Rev. Physis, Buenos Aires*, v. 12, p. 293-342.
- Feruglio, E., 1944, Estudios geológicos y glaciológicos en la región del Lago Argentino (Patagonia), *Bol. Acad. Nac. Ciencias, Cordoba*, v. 37, no. 1, p. 3-255.
- Feruglio, E., 1949, Descripción geológica de la Patagonia: *Dir. Gen. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Vol. I, II, III*.
- Folk, R.L., 1968, *Petrology of sedimentary rocks*, Austin, Texas, Homphill Pub. Comp., 182 p.
- Forsythe, R., 1982, The late Palaeozoic to early Mesozoic evolution of southern South America: a plate tectonic interpretation, *Jour. Geol.Soc.*, London, v.139, p.671-682.
- Frenguelli, J., 1941, Nuevos elementos florísticos del Magallaniano de Patagonia austral, *Notas Mus.La Plata*, 6 (Paleont 30), p.173-202.
- Freile, C. 1972, Estudio palinológico de la Formacion Cerro Dorotea (Maestrichtiano-Paleoceno) de la Prov. de Santa Cruz, *Rev. Museo La Plata*, v.6, (Paleont 38), p.39-63.
- Frey, R.W., 1978, en *Trace fossil concepts*, SEPM short course, n. 5, 181 p.
- Furque, G., 1971, Sobre la estratigrafía del Cretácico Inferior en el Lago Argentino, Prov. de Santa Cruz, Rep. Arg., *Rev. Asoc.*

- Furque, G., 1972, El Cretácico superior y terciario de la Región Austral del Lago Argentino, Prov de Santa Cruz, Actas IV Jor.Geol.Arg., Bs As, 3, p.61-75.
- Furque, G., 1973, Descripción geológica de la Hoja 58B, Lago Argentino, Prov. de Sta. Cruz: Serv. Nac. Min. Geol., Bol. 140, 51 p.
- Garrels, R.M., y Mackensie, F.T., 1971, Evolution of Sedimentary Rocks, W.W. Norton y Co., New York.
- Garzanti, E, 1985, The sandstone memory of the evolution of a triassic volcanic arc in the Southern Alps, Italy, Sedimentology, n.32, p.423-433.
- Halpern, M., 1973, Regional geochronology of Chile south of 50 latitude, Geol.Soc.Am.Bull., v.84, p.2407-22.
- Harrell, J., y Blatt, H., 1978, Polycrystallinity: effect on the durability of detrital quartz, Jour. of Sed. Pet., v.48, n. 1, p. 25-30.
- Harrington, H., 1962, Paleogeographic development of South America, Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Bull.,v46, n10, p. 1773-1814.
- Hatcher, J.B., 1900, Sedimentary rocks of southern Patagonia, Am.Jour.Sci., New Heaven, v.9(50), p.85-108.
- Hauthal, R., 1898, Uber patagonisches Tertiar, Deutsch. Geol. Ges.Z., Berlin, v.50, p. 4360-440.
- Hayes, J.B., 1979, Sandstone diagenesis, the hole truth. In P.A. Sholle and P.R. Schluger eds., Aspects of diagenesis, SEPM, publ., 26, p. 127-139.
- Hoffman y Hower, J., 1979, Clay mineral assemblages of low grade metamorphic geothermometers: application to the thrust faulted disturbed Belt of Montana, USA, Soc.Econ.Paleontologist. Mineralogist., Spec. Pub., n.26, p.55-79.
- Hoffstetter, R., Cecioni, G., Fuenzalida, H., 1957, Lexique Stratigraphique international, Centre National de la Recherche scientifique, Paris, France, v.5, fasc.7, 444 p.
- Hower, J., y Mowatt, T.C., 1966, The mineralogy of illites and mixed layer illite/montmorillonites, The America. Miner., v.51, p. 825-854.
- Hower J., Eslinger E.V., Hower, M.E., y Perry E.A., 1976, Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment, mineralogical and chemical evidence, Geol.Soc. of Am. Bull, v.87, p.725-737.
- Hunicken, M., 1955, Depositos Neocretácicos y Terciarios del extremo SSW de Santa Cruz (cuenca carbonífera de Rio Turbio): Rev. Inst.

Nac. Invest. Cien. Nat., Bernardino Rivadavia, C. Geol., Tomo II, no. 1, 161 p.

Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.L., Grim, J.F., Pickle, J.D., y Sares, S.W., 1984, The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point counting method: *Journ. of Sed. Pet.*, v.54, p. 103-116.

Ingersoll, R.V., y Suczek, C.A., 1979, Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218, *Jour. of Sed. Pet.*, V49, p. 1217-1228

Iñiguez, A. M., y Decastelli, D. D., 1984, Mineralogía y diagenesis de arcillas de las formaciones Cretácico-Terciarias de la Cuenca Austral: IX Cong. Geol. Arg., S. C. de Bariloche, Actas 3, p. 402-414.

Iñiguez Rodriguez, M., Merodio, J.C., y Spalletti L., 1987, Mineralogía y geoquímica de las pelitas de las Formaciones Paso del Sapo y Lefipán (Cretácico-Terciario), Prov. de Chubut, Argentina, *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, TXLIII, n.1, p.13-23.

Johns, W.D., Grim, R.E., y Bradley, W.F., 1954, Quantitative estimations of clay minerals by diffraction methods, *Jour. of Sed. Pet.*, v. 24, n. 4, p. 242-251.

Katz, H. R., 1962, Fracture patterns and structural history in the sub-andean belt of southernmost Chile: *J. Geol.*, v. 70, n. 5, p. 595-603.

Katz, H. R., 1963, Revision of Cretaceous stratigraphy in Patagonian Cordillera of Ultima Esperanza, Magallanes Province, Chile: *AAPG Bull.*, v. 47, p. 506-524.

Katz, H. R., 1973, Contrasts in tectonic evolution of orogenic belts in the southeast Pacific: *J. Roy. Soc. NZ*, v. 3, p. 333-362.

Kugler, R.L., 1987, Regional petrologic variation, Jurassic and Cretaceous sandstone and shale, Neuquen Basin, West Central Argentina, PhD dissertation, Univ. of Texas, Austin, TX, USA, 523 p.

Kurtz, F.F., 1902, Contribuciones a la Paleofitología Argentina III. Sobre la existencia de una Dakota-flora en la Patagonia austro-occidental, *Rev. Museo La Plata*, v.10, p. 43-60.

Leanza, A.F., 1968, Anotaciones sobre los fósiles Jurásicos-Cretácicos de la Patagonia Austral (Colección Feruglio), conservados en la Univ. de Bologna, *Acta Geol. Lilloana*, Tucumán, v.9, p.121-186.

Leanza, A. F., 1972, Andes Patagónicos Australes, en A. F. Leanza (ed.), *Geología Regional Argentina: Acad. Nac. de Ciencias*, Córdoba, p. 689-706.

- Lluch, J.J., y Spalletti, L.A., 1976, Minerales de las arcillas de los sedimentos actuales de la región del Cerro San Lorenzo, Pcia de Sta Cruz, Rev. Asoc. Geol. Arg., T.31, n.1, p.23-32.
- Macellari, C.E., 1985, Paleobiogeografía y edad de la fauna de Maorites-Gunnarites (Ammonoidea) del Cretácico Superior de la Antártida y Patagonia: Ameghiniana, v. 21, nos. 2-4, p. 223-242.
- Macellari, C.E., Barrio, C.A. y Manassero, M.J., 1989, Upper Cretaceous to Paleocene depositional sequences and sandstone petrography of southwestern Patagonia (Argentina and Chile), Jour. of South Amer. Earth Sciences, v.2, p.223-239.
- Mack, G.H., 1984, Exceptions to the relationship between plate tectonics and sandstone composition, Jour. of Sed. Pet., v.54, n 1, p. 212-219.
- Malumián, N., Masiuk, V., y Riggi, J.C., 1971, Micropaleontología y sedimentología de la perforación SC-1, Prov de Santa Cruz, Rev.Asoc.Geol. Arg., v.26, n.2, p.175-208.
- Malumián, N., 1978, Estudio micropaleontológico de las muestras provenientes de las Hojas 5 a y b, Serv. Geol. Nac., inf. inédito, Bs As.
- Manassero, M.J. y Macellari, C.E., 1987, Petrografía sedimentaria de la Cuenca Austral: Formación La Anita en el sector sur del Lago Argentino, X Cong. Geol. Arg., Tucumán, tomo II, p.17-20.
- Manassero, M.J., 1987, Petrology of Late Cretaceous Sediments, western margin of the Austral Basin, Argentina, (Ms thesis):University of South Carolina, 130 p.
- Manassero, M.J., 1988, Petrografía y procedencia de las areniscas cretácicas superiores de la Cuenca Austral Argentina, Rev. de la Asoc. Geol. Arg., T.XLIII, n.2, p.175-187.
- Manassero, M.J., 1988, Composición de la Formación Cerro Dorotea en el sector occidental del valle del Río Turbio, Pcia de Santa Cruz, II Reunión Argentina de Sedimentología, UBA, Actas, p.165-169.
- Manassero, M.J., 1988, Relación entre el tamaño de grano y la composición en el análisis de procedencia de areniscas, II Reunión de Argentina Sedimentología, UBA, Bs As, p.170-174.
- Manassero, M.J., Iñiguez Rodríguez, A.M, y Decastelli, O., 1988, Estratigrafía y argilofacies del Cretácico superior y Terciario inferior de la cuenca Austral Argentina, Rev. Asoc. Geol. Arg., en preparación.
- Marinelli, R.V., 1982, Distribución de los campos productores de hidrocarburos en el área de plataforma de Cuenca Austral, su relación con antiguas líneas de costa, Primer Congreso Nac. de Hidrocarburos, Petróleo y Gas, Exploración, p.209-216.

- Maynard, J.B., Valloni, R., y Yu, H.S., 1982, Composition of modern deep-sea sands from arc related basins, en Legget, J.K., ed., Trench-forearc geology: sedimentation and tectonics on modern and ancient active margins, Geol. Soc. of London, Spec. Pub., n.10, p.551-561.
- Menéndez, C.A., 1959, Flora Cretácica de la Serie del Castillo al S del cerro Cachetaman, Chubut, Rev.Asoc.Geol.Arg., n.14, T.3-4, p. 219-238.
- Menéndez, C.A., 1966, La presencia de Thyrsopteris en el Cretácico Superior del Cerro Guido, Chile, Ameghiniana, Bs As, n.4, p.299-302.
- Menéndez, C.A., 1972, Palaeophytologia Kurtziana 111, La flora del Cretácico Superior del Cerro Guido, Chile, Ameghiniana, n.9, p. 209-212.
- Merodio, J.C y Martinez, J.M., 1985, Análisis químico de componentes mayoritarios en rocas silicatadas, Rev.Asoc. Arg. de Min. Petr. y Sed., v.16, n 1-4, p.7-16.
- Merodio, J.C., 1986, Análisis químico de componentes mayoritarios en rocas silicatadas, Rev.Asoc, Geol. Arg., en prensa.
- Merodio, J.C., y Spalletti, L.A., 1988, Composición normativa y clasificación de rocas pelíticas, Rev. del Museo de la Plata, UNLP, T 10, n 87, p. 149-170.
- Middleton, G.V., 1960, Chemical composition of sandstone, Geol.Soc. of Amer, Bull., v.71, p.1011-1026.
- Morris, P.A., 1988, Volcanic arc reconstruction using discriminant function analysis of detrital clinopyroxene and amphibole from the New England Fold Belt, Eastern Australia, Jour. of Geol. v.96, n.3, p.299-312.
- Norrish, K., y Taylor, R.M., 1962, Quantitative analysis by X ray diffraction, Clay Min. Bull., v.5, p. 109.
- Nulló, F. E., Proserpio, C. A., y Blasco de Nulló G., 1971, El Cretácico de la Cuenca Austral entre el Lago San Martín y Río Turbio: Comité Sudamer. del J y K, Cuencas sed. del J y K de Amer. del Sur, Buenos Aires, v. 1, p. 181-220.
- Nulló, F., Proserpio, C., y Blasco de Nulló, G., 1981, Estratigrafía del Cretácico Superior en el Cerro Indice y alrededores, Prov.de Santa Cruz: VIII Congr. Geol. Arg., San Luis, Actas III, p. 373-387.
- Nulló, F., Proserpio, C., y Ramos, V., 1978, Estratigrafía y tectónica de la vertiente este del hielo continental Patagónico, Argentina-Chile: VII Congr. Geol. Arg., Neuquén, Actas I, p. 455-470.

- Dyarsun, R., 1985, Mapa Geológico de Chile 1:2500000, Univ. de Concepción, Dto Geociencias, Chile.
- Piatnizki, A., 1938, Observaciones geológicas en el oeste de Santa Cruz, (Patagonia), Bol.Inf.Petr., Bs As, v.165, p.45-85.
- Paulcke, W., 1907, Die Cephalopoden der Oberen Kreide Sudpatagoniens: Ber. Naturf. Ges. Freiburg, v. 15, p. 1-82.
- Pettijohn, F.J., 1963, Chemical composition of sandstones- excluding carbonate and volcanic sands, Geol. Survey, Prof. Paper 440 S, 25p.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., y Siever, R., 1973, sand and sandstone, Heidelberg (Springer Verlag), 620 p.
- Pettijohn, F.J., 1975, Sedimentary rocks (3rd ed.), N.Y., Harper and Row, 628p.
- Piatnizki, A., 1938, Observaciones geológicas en el oeste de Santa Cruz, (Patagonia), Bol.Inf.Petr., Bs As, v.165, p.45-85.
- Potter, P.E., y Pettijohn, F.J., 1977, Paleocurrents and Basin Analysis, Springer-Verlag Ed., 425p.
- Potter, P.E., 1984, South American modern beach sand and plate tectonics, Nature, v. 311, p. 645-648.
- Potter, P.E., 1986, South America and a few grains of sand: Part 1-beach sands, Jour. of Geol., v.94, N 3, p. 301-319.
- Ramos, V.A., 1982, Geología de la región del Lago Cardiel, Pcia de Santa Cruz, Rev. Asoc. Geol. Arg., T.37, n.1, p. 23-49.
- Ramos, V. A., Niemayer, H., Skarmeta, J., y Muñoz, J., 1982, Magmatic evolution of the austral Patagonian Andes: Earth Sci.Rev., v.18, p. 411-443.
- Reading, H. G., 1978, Sedimentary environments and facies, Elsevier Ed., N.Y., 557 p.
- Riccardi, A. C., 1984, Las asociaciones de amonitas del Jurásico, Cretácico de la Argentina: IX Congr. Geol. Arg., S.C. de Bariloche, Actas, Actas IV, p. 559-595.
- Riccardi, A. C., y Rolleri, E. O., 1980, Cordillera Patagonica Austral, en Seg. Simp. Geol. Reg. Arg.: Acad.Nac. de Ciencias, Cordoba, v.II, p. 1173-1306.
- Riccardi, A. C., 1983, Kossmaticeratidae (Ammonitina) y nomenclatura estratigráfica del Cretácico tardío en el Lago Argentino, Santa Cruz, Argentina, Rev. de la Asoc. Paleo. Arg., T.20, n.3-4, p. 317-345.
- Roll, A., 1937, Estudio geológico de la zona entre el Río Sehuen y el Río Santa Cruz, YPF, Bs As, informe inédito.

- Romero, E.J., 1973, Polen fosil de "Nothofagus" ("Nothofagidites) del Cretácico y Paleoceno de Patagonia, Rev.Mus. La Plata, N.S.7, (paleont.47), p.291-303.
- Romero, E.J., 1977, Polen de Gimnospermas y fagáceas de la Fm Río Turbio (Eoceno), Santa Cruz, Argentina, CIRGED, Bs As, p.1-219.
- Roser, B.P., y Korsch, R.J., 1986, Determination of tectonic setting of sandstone-mudstones suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio, Jour. of Geol., V94, n.5, p.635-650
- Russo, A., Flores, M.A., Di Benedetto, H., 1980, Patagonia Austral extraandina, Seg.Simp.Geol.Reg.Arg., Acad.Nac. de cs, Cba, v II, p.1431-1502.
- Sepúlveda, E., 1980, Palinología del techo de la Formación Calafate, Provincia de Santa Cruz, Serv.Geol.Nac., informe inédito.
- Scott, K. M., 1966, Sedimentology and dispersal pattern of a Cretaceous flysch sequence, Patagonian Andes, southern Chile: AAPG Bull., v. 50, p. 72-107.
- Smith, C. H., 1977, Sedimentology of the Late Cretaceous (Santonian-Maestrichtian) Tres Pasos Formation, Ultima Esperanza district southern Chile [MSc thesis]: University of Wisconsin, 126 p.
- Spalletti, L.A., del Valle, A., Manassero, M.J., y Matheos, S., 1989, Procedencia y ambiente tectónico de las areniscas Cretácico-Terciarias del sector norte de la Patagonia Argentina, Simp. Cret. Amer. Latina, parte A, Eventos y registro sed., p. 149-163.
- Suczek, C.A., e Ingersoll, R.V., 1985, Petrology and provenance of Cenozoic sand from the Indus Cone and the Arabian Basin, DSDP sites 221, 222, and 224, Jour. of Sed. Pet., v.55, n.3, p. 340-346.
- Uliana, M., Biddle, K., Phelps, D.W., y Gust, D.A., 1985, Significado del vulcanismo y extensión mesojurásica en el extremo meridional de Sudamérica, Rev. de la Asoc. Geol.Arg., T XL, n.3-4, p.231-253.
- Urien, C. M., y Zambrano, J. J., 1973, The geology of the basins of the Argentine continental margin and Malvinas Plateau, en A.E.M. Nairn and F.G. Stehli (eds.), The Ocean Basins and Margins. Vol.1, South Atlantic: Plenum Press, New York, p. 135-170.
- Urien, C. M., Zambrano, J. J., y Martins, C. R., 1981, The basins of southeastern South America (southern Brazil, Uruguay, and eastern Argentina) including the Malvinas Plateau and southern South Atlantic paleogeographic evolution, en Cuencas Sedimentarias del Jurásico Cretácico de Amer. del Sur, Buenos Aires, v. 1, p. 45-125.
- Valloni, R., 1984, Reading provenance from modern marine sands, in "Provenance of Arenites, D.Reidel Pub.Com.p.309-332.

- Wilckens, O., 1904, Über Fossilien der oberen Kreide Sud-Patagoniens. Zentralblatt Min. Geol. Pl. Stuttgart, 1904, p.597-599.
- Wilckens, O., 1905, Die Meeresablagerungen der Kreide- und Tertiär Formation in Patagonien, Neues Jahrb. Miner. Geol. Paläont., Stuttgart, v. 21, p. 98-195.
- Wilckens, O., 1907a, Erläuterungen zur Hautsals Geologischer Skizze des Gebietes zwischen dem Lago Argentino und dem Seno de la Ultima Esperanza (Sudpatagonien): Ber. Naturf. Ges. Freiburg, v. 15, p.75-96.
- Wilckens, O., 1907b, Die Lamellibranchiaten, Gastropoden u.s.w. der oberen Kreide Sud-patagoniens: Ber. Naturf. Ges. Freiburg, v. 15, p. 91-166.
- Wilson, T. J., 1983, Stratigraphic and structural evolution of the Ultima Esperanza foreland fold-thrust belt, Patagonian Andes, southern Chile [PhD dissertation]: Columbia University, 360 p.
- Wilson, A., 1960, the microdetermination of ferrous iron in silicate minerals by a volumetric and colorimetric method, The analyst, v 85, p. 823-827.
- Winslow, M. A., 1980, Mesozoic and Cenozoic tectonics of the fold and thrust belt in southernmost South America and stratigraphic history of the Cordilleran margin of the Magallanes Basin [PhD dissertation]: Columbia University, 254 p.
- Winslow, M. A., 1981, Mechanisms for basement shortening in the Andean foreland fold belt of southern South America, en K. R. McClay and N. J. Price (eds.), Thrust and Nappe Tectonics: Geol. Soc. London, Spec. Pub. 9, p. 513-528.
- Winslow, M. A., 1982, The structural evolution of the Magallanes Basin and neotectonics in the southernmost Andes, en E. Craddock (ed.), Antarctic Geoscience: University of Wisconsin Press, Madison, p.143-154.
- Zambrano, J. J., y Urien, C. M., 1970, Geological outline of the basins in southern Argentina and their continuation off the Atlantic shore: J. Geophys. Res., v. 75, p. 1363-1396.
- Zuffa, G.G., 1980, Hybrid arenites: their composition and classification, Jour. of Sed.Pet., v.50, n 1, p. 21-29.
- Zuffa, G.G., Optical analyses of arenites, influence of methodology on compositional results, in "Provenance of Arenites", Nato ASI Series, D.Reidel Pub.Com., p. 165-180.

APENDICE I

MINERALOGIA DE ARCILLAS

Preparación de muestras y técnicas analíticas

Muestras

Las muestras utilizadas para el análisis de argilominerales son los sedimentos finos intercalados en las secciones 2, 3, 5, 6 (ver Fig 2), y en las denominadas A, B, C, D y E (ver Fig 19).

En las muestras analizadas no fue separado el cuarzo por medio del fraccionamiento.

Técnicas analíticas

Un resumen de los procedimientos seguidos para la preparación de muestras normales, glicoladas, y con tratamiento ácido se detalla a continuación:

Preparación de las muestras normales

- 1) Se remueven las partículas mayores a 2 mm y se muelen las muestras en mortero de ágata, para luego colocarlas en recipientes de 50 ml.
- 2) Se agregan 40 ml de agua destilada, se agita fuertemente durante 45 segundos y se deja decantar 2 minutos.
- 3) En las muestras de difícil dispersión se agrega 40 ml de calgón $\text{Na}_2(\text{PO}_3)_6$ sol y se deja reposar.
- 4) Se agita durante 3 minutos, y luego se deja decantar 2 minutos.
- 5) Con una pipeta aforada se extrae una alícuota de la arcilla en suspensión, de la parte superior del recipiente y se coloca sobre un porta objetos de vidrio de dimensiones estandar.
- 6) Se deja secar durante 48 horas permitiendo que las partículas decanten y se orienten, para luego proceder al análisis difractométrico.

Glicolación

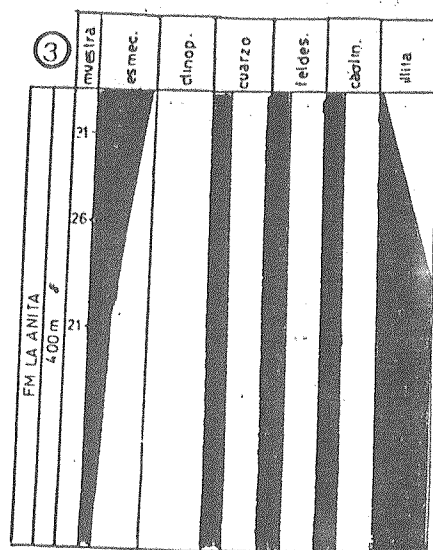
Luego del procedimiento anterior, se exponen los porta objetos a vapores de etilenglicol durante 48 horas, para luego proceder al análisis por difracción de rayos x.

Tratamiento ácido

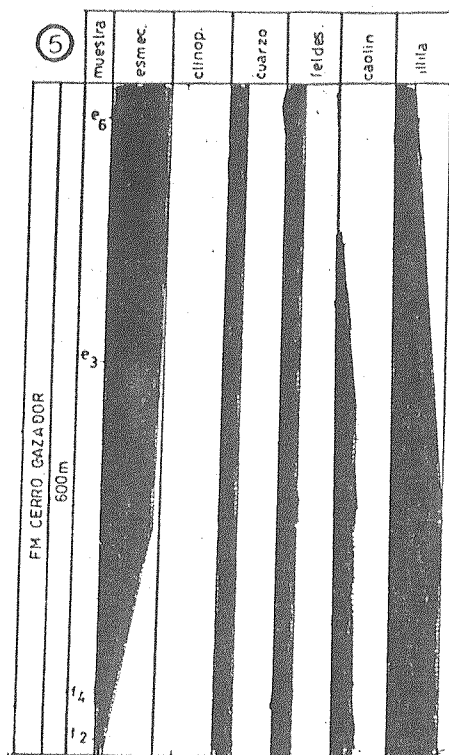
- 1) Remover las partículas mayores a 2 mm por tamizado y moler a las muestras en mortero de ágata colocándolas luego, en recipientes de 50 ml.
- 2) Se agregan 10 ml de agua destilada y se agita durante 3 minutos.
- 3) Se agrega 5 ml de HCl (12N) y se calienta hasta llegar a los 90 grados centígrados, durante 15 minutos.
- 4) Se elimina la solución ácida y se lavan las muestras con 15 ml de agua destilada, luego se agita durante 2 minutos.
- 5) Con una pipeta se extrae una alícuota del líquido con la arcilla en suspensión de la parte superior del recipiente y se coloca sobre un portaobjetos de dimensiones estandar.
- 6) Se deja secar durante 48 horas para luego proceder al análisis por difracción de rayos x.

Diagramas verticales

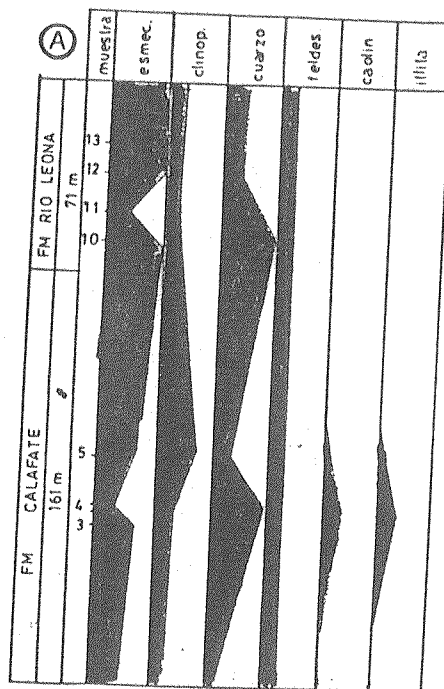
Para representar las tendencias y abundancias relativas de los argilominerales y del feldespato y cuarzo presentes en la fracción arcilla de las pelitas en cada una de las secciones estudiadas, se han utilizado gráficos de variación vertical de la composición, realizados en base a la información obtenida de todos los difractogramas. Estos gráficos se presentan a continuación;



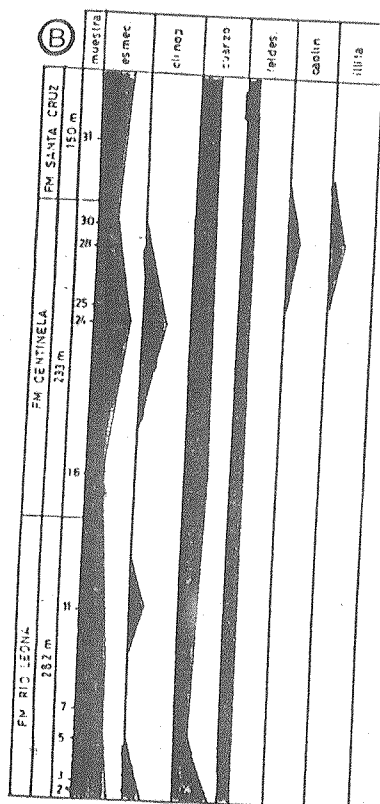
Argilofacies illita-caolinita. Abundancias relativas de los minerales en la sección de la Estancia la Anita (perfil 3).



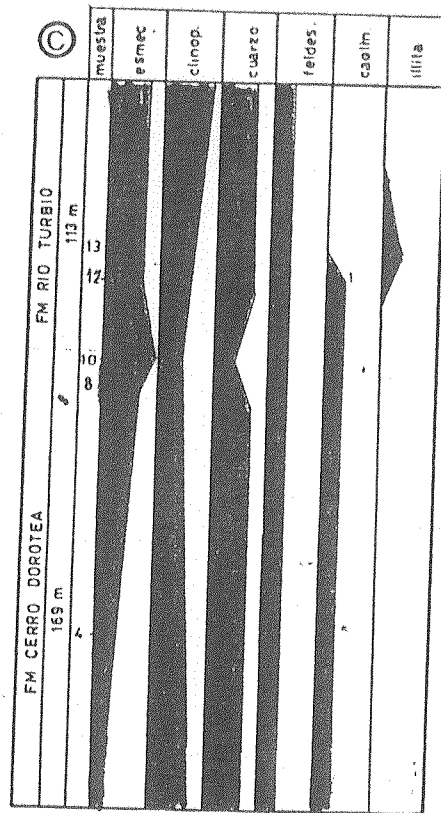
Argilofacies esmectita-ceolita. Abundancias relativas de los minerales en la sección del Cerro Cazador (perfil 5).



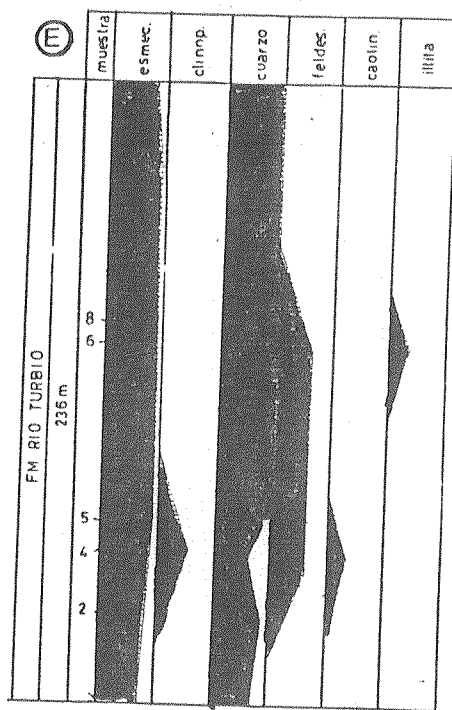
Argilofacies illita-caolinita. Abundancias relativas de los minerales en la sección A de Las Barrancas de La Anita.



Argilofacies illita-caolinita. Abundancias relativas de los minerales en la sección B de las Barrancas de La Anita.



Argilofacies esmectita-ceolita. Abundancias relativas de los minerales en la sección Río Guillermo (perfil c).



Argilofacies esmectita-ceolita. Abundancias relativas de los minerales en la sección Río Turbio (perfil e).

APENDICE II

APENDICE II

PETROGRAFIA DE ARENISCAS

Aquí se presenta una breve descripción de los resultados del análisis petrográfico de cada sección. La variación vertical de cada componente se ilustra con diagramas o logs que además muestran los porcentajes de matriz, cemento y porosidad.

El tamaño de grano ha sido estimado según los límites granulométricos de la siguiente tabla:

TAMAÑO DE GRANO			μ	ϕ
	10	muy grueso	1410-2000 μ	1 -0.5--1.0 ϕ
	9		1000-1410 μ	0.0--0.5 ϕ
	8	grueso	710-1000 μ	0.5-0.0 ϕ
	7		500-710 μ	1.0-0.5 ϕ
	6	mediano	350-500 μ	1.5-1.0 ϕ
	5		250-350 μ	2.0-1.5 ϕ
	4	fino	177-250 μ	2.5-2.0 ϕ
	3		125-177 μ	3.0-2.5 ϕ
	2	muy fino	62-88 μ	3.5-3.0 ϕ
	1		88-125 μ	4.0-3.5 ϕ

Diagramas verticales

Se han diseñado 8 gráficos para mostrar las abundancias relativas en función de la profundidad de los constituyentes mineralógicos principales en cada una de las secciones estudiadas. Estos constituyentes son ; cuarzo, feldespatos, fragmentos líticos, cuarzo policristalino, fragmentos volcánicos, fragmentos sedimentarios, cuarzo monocristalino, plagioclasa, feldespato de potasio, matriz, cemento y porosidad.

La escala vertical no es la misma para todos los diagramas debido a las diferencias en los espesores de las unidades consideradas.

Las tendencias composicionales regionales, de norte a sur, para el caso de los fragmentos volcánicos y el feldespato de potasio, fueron extraídas de estos gráficos y figuran en el texto.

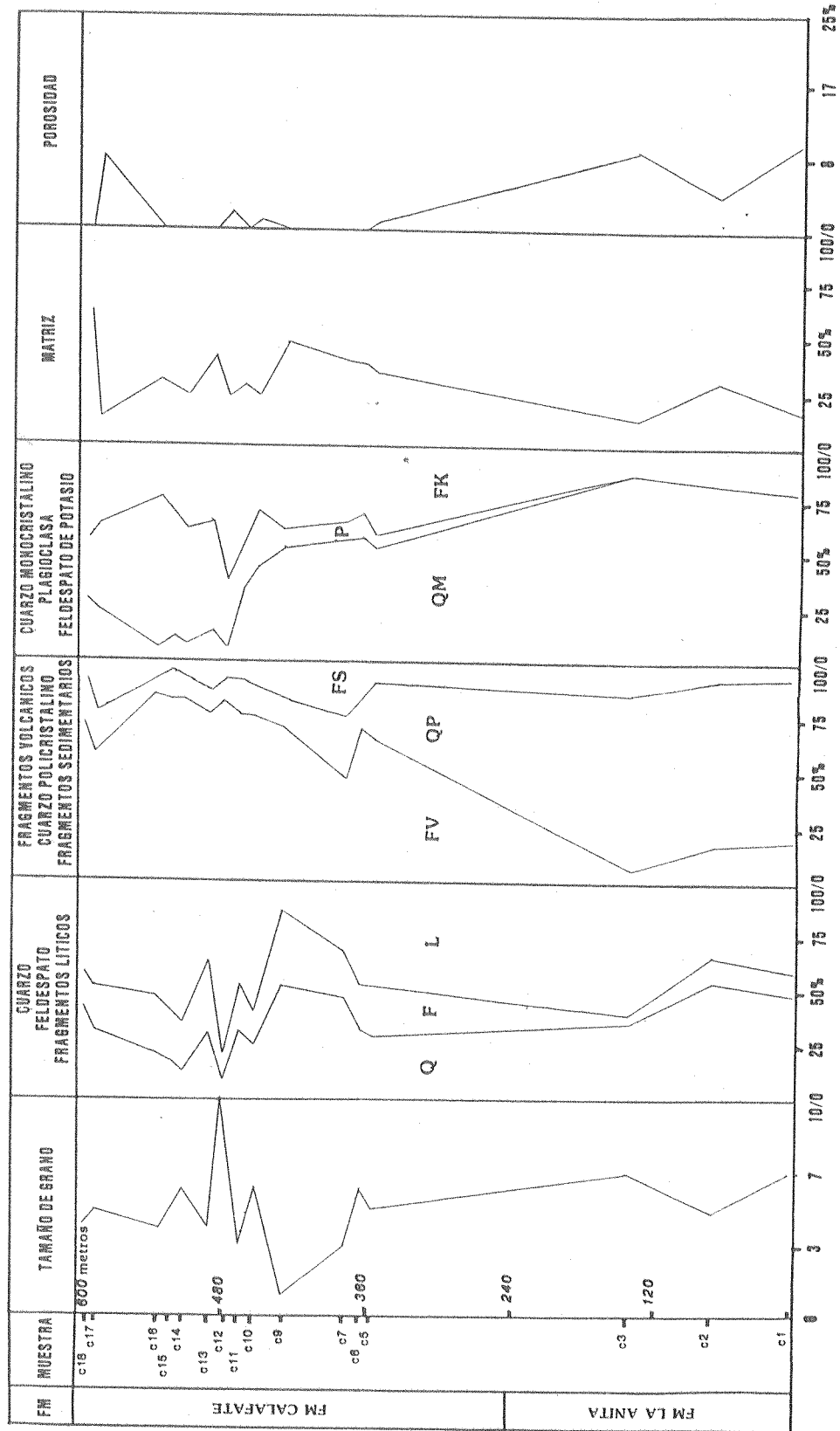
SECCION 1

Ubicada en la ladera occidental del Cerro Calafate, esta sección muestra un cambio sorprendente en las abundancias relativas de los constituyentes mineralógicos principales. Con 600 metros de espesor, comprende a la parte superior de la Fm La Anita (Miembro La Irene) y a la Fm Calafate. De base a techo se observan las siguientes tendencias:

- 1) Abundancia relativa en fragmentos líticos causada por la presencia de cuarzo policristalino en la Fm La Anita y por fragmentos volcánicos de caracter andesítico en la Fm Calafate.
- 2) Incremento de fragmentos volcánicos en la Fm Calafate coincidiendo con la disminución del cuarzo policristalino.
- 3) Incremento relativo de fragmentos sedimentarios, feldespatos potasicos y plagioclasas, estas ultimas asociadas al incremento de fragmentos volcánicos.

La proporción relativa de matriz varía entre 10 y 40 %, por lo que estas rocas se clasifican como wackes (Dott, 1964). Los valores de porosidad de esta sección alcanzan al 12 % en la Fm La Anita.

SECCION 1



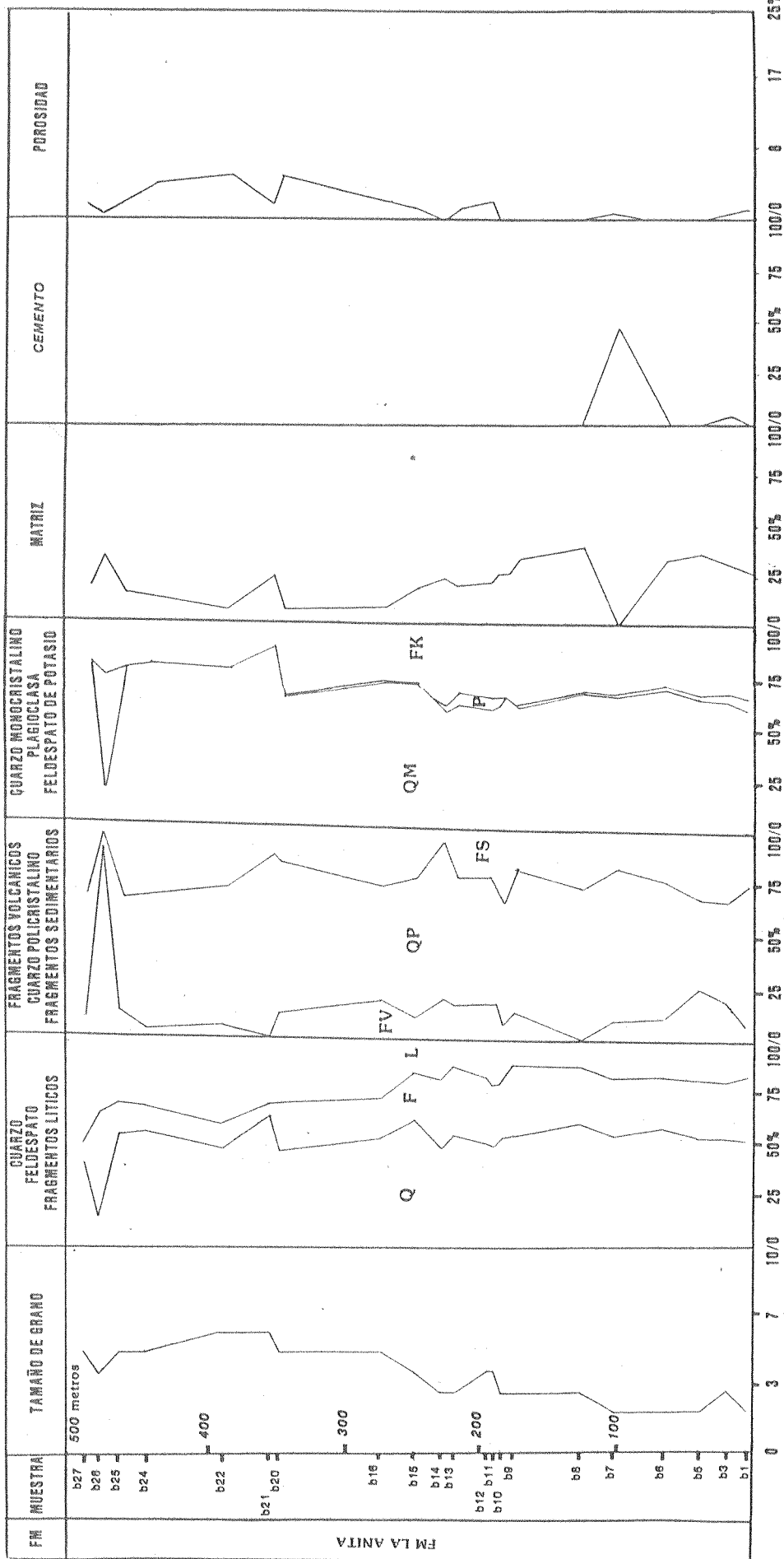
SECCION 2

Esta sección ubicada en el margen oriental del Arroyo Centinela (Fig 1) comprende a 500 metros de areniscas y pelitas de la Fm La Anita. De base a techo se observan las siguientes tendencias verticales:

- 1) Incremento relativo del tamaño de grano.
- 2) Proporciones constantes de cuarzo, feldespato, fragmentos líticos, fragmentos volcánicos, cuarzo policristalino y fragmentos sedimentarios, con la excepción de un horizonte de rocas piroclásticas hacia el techo de la unidad.
- 3) Abundancia de cuarzo policristalino y monocristalino a lo largo de toda la sección.
- 4) La plagioclasa es escasa en toda la sección mientras que el feldespato de potasio es relativamente abundante.

La proporción de matriz para estas muestras varía entre 10 y 40 %, clasificándolas como wackes. En la muestra b7 hay un reemplazo extenso de la matriz por cemento carbonático. Los valores de porosidad alcanzan al 8 % hacia el techo de la unidad.

SECCION 2



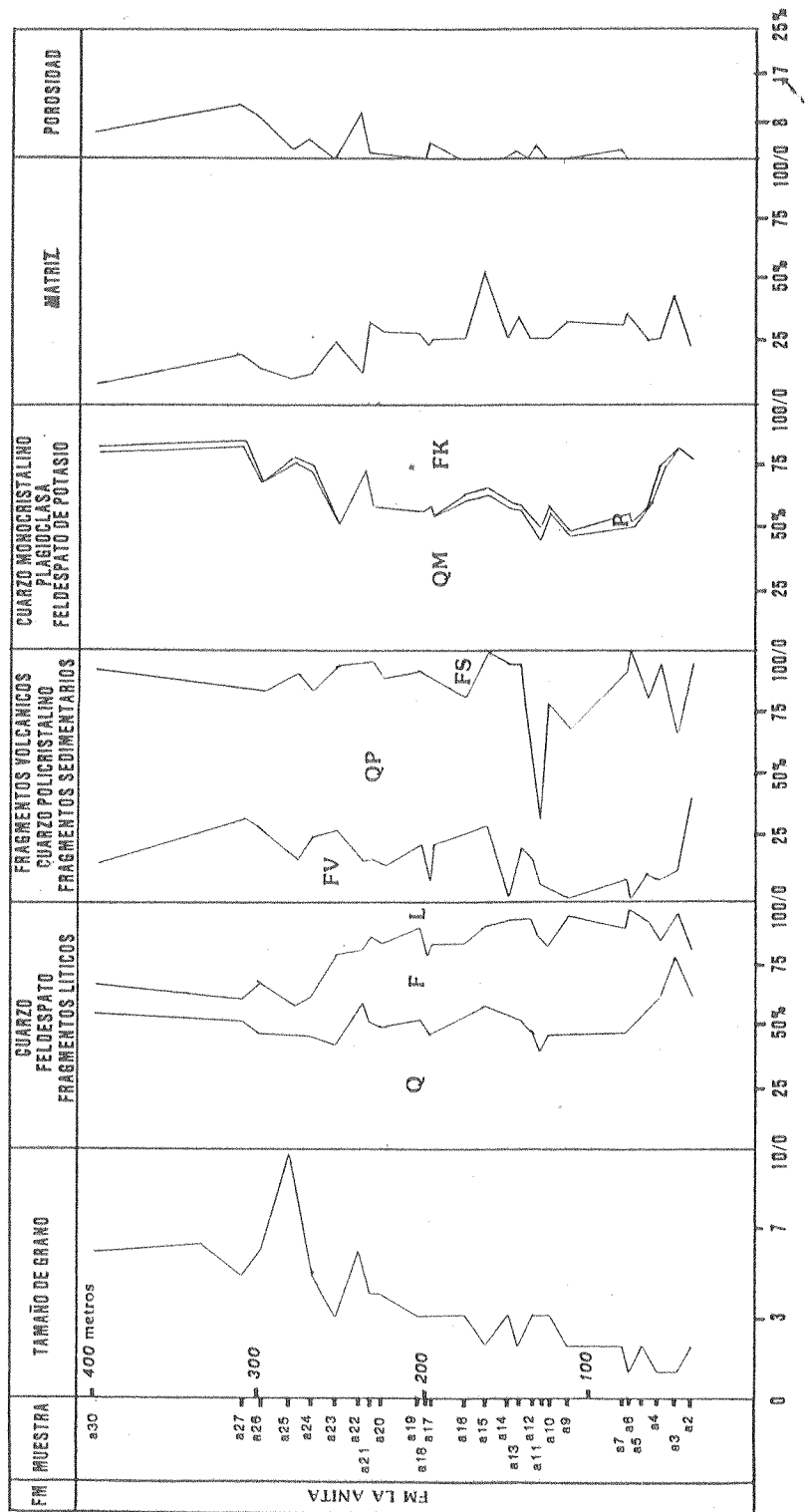
SECCION 3

Esta sección ubicada en la localidad tipo de la Estancia La Anita, comprende a 400 metros de la Fm La Anita. De base a techo se observan las siguientes tendencias verticales:

- 1) Incremento relativo del tamaño de grano con un pico hacia el techo de la unidad causado por la abundancia de cuarzo policristalino.
- 2) Incremento relativo de fragmentos líticos causado por el incremento de cuarzo policristalino.
- 3) Incremento de cuarzo monocristalino y disminución de feldespato de potasio, mientras que la plagioclasa es escasa en toda la unidad.

Los porcentajes de matriz varían entre 10 y 40 % por lo que las muestras se clasifican como wackes (Dott, 1964). Los valores de porosidad alcanzan al 15 % hacia el techo de la sección. La Fm La Anita presenta siempre los valores de porosidad mas elevados dentro de las petrofacies estudiadas.

SECTION 3



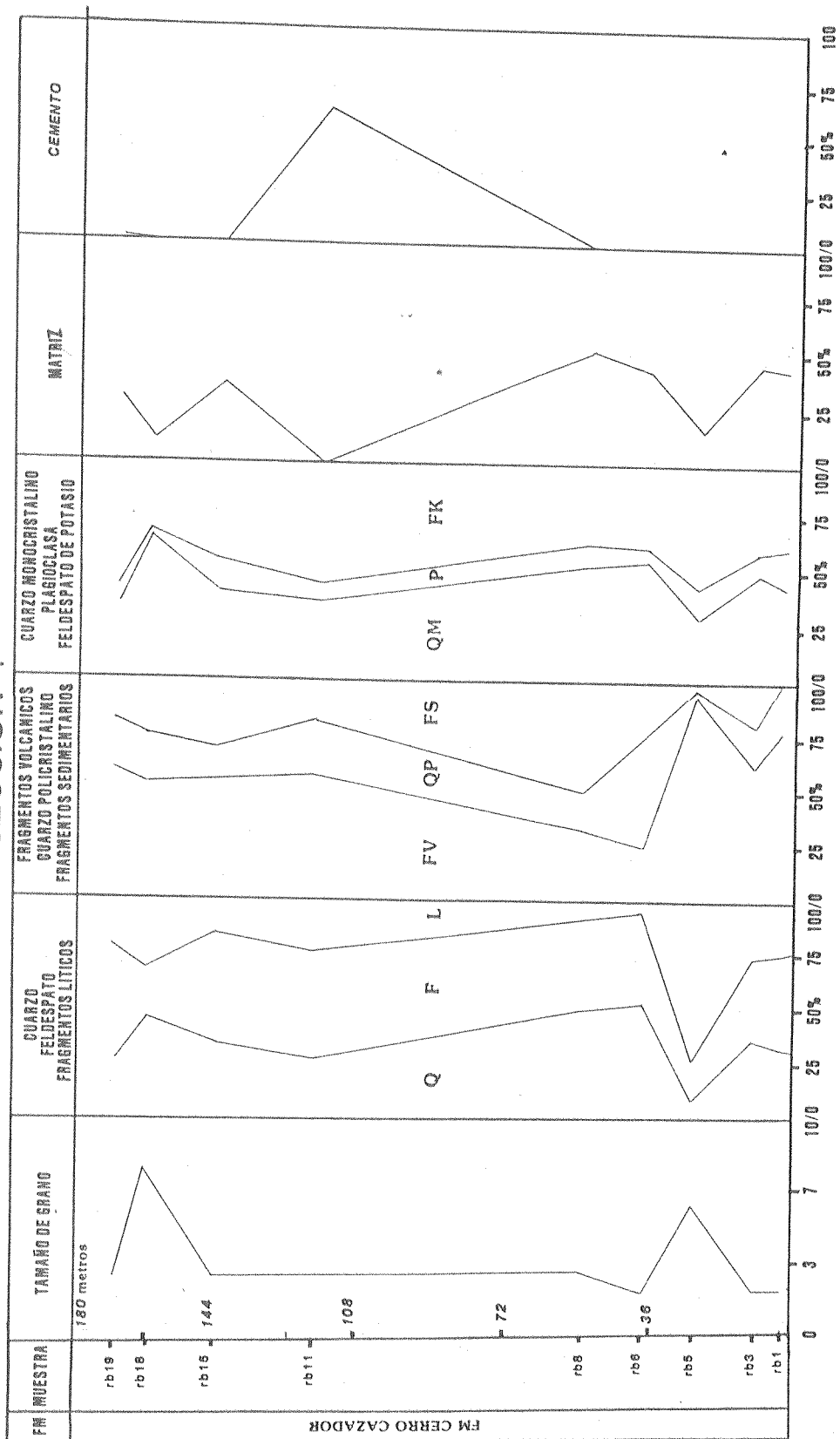
SECCION 4

Esta sección ubicada en el Área de Río Baguales, Chile, comprende a los 180 metros cuspidales de la Fm Cerro Cazador. De base a techo se observan las siguientes tendencias composicionales:

- 1) El tamaño de grano no presenta grandes variaciones.
- 2) Las proporciones de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos se mantienen constantes a excepción de la muestra Rb 5, que presenta clastos mayores de origen volcánico.
- 3) Los fragmentos volcánicos y la plagioclasa abundan en toda la sección.
- 4) El cuarzo monocristalino y el feldespato de potasio guardan proporciones constantes a lo largo de toda la sección.

La proporción de matriz varía entre 10 y 45 %, por lo que las muestras se clasifican como wackes (Dott, 1964). En la muestra Rb 11 hay un reemplazo de la matriz por cemento carbonático. La sección no presenta valores considerables de porosidad.

SECCION 4



SECCION 5

Esta sección, ubicada en la localidad tipo de Cerro Cazador, comprende a 970 metros basales de la formación del mismo nombre y 500 metros de la formación Cerro Dorotea. Dentro de la Fm Cerro Cazador se observan las siguientes tendencias composicionales de base a techos:

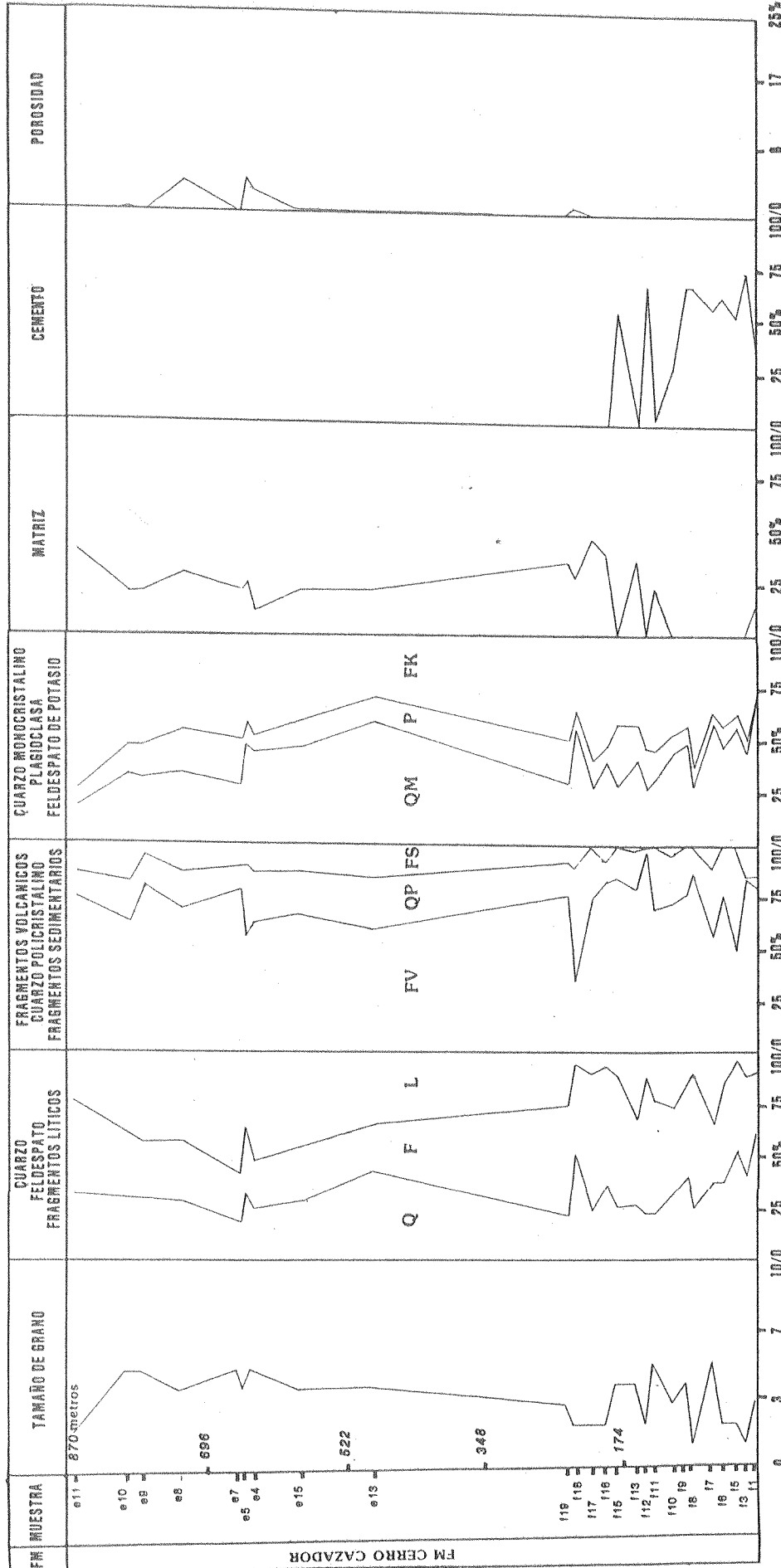
- 1) El tamaño de grano se mantiene constante en toda la sección.
- 2) El cuarzo, el feldespato y los fragmentos líticos no presentan mayores variaciones en sus abundancias relativas.
- 3) Los fragmentos volcánicos de carácter andesítico abundan a lo largo de toda la sección.
- 4) El cuarzo monocristalino, la plagioclasa, y el feldespato de potasio presentan proporciones también constantes en toda la sección.

Los porcentajes de matriz varían entre 0 y 40 %. Hacia la base de la sección, hay un reemplazamiento total de la matriz por cemento carbonático. Los valores de porosidad son bajos (6 a 7 %) y están restringidos al techo de la unidad. En esta misma sección y dentro de la Fm Cerro Dorotea se observan las siguientes tendencias de base a techo de la unidad:

- 1) Cuarzo, feldespato y fragmentos líticos guardan una proporción similar a lo largo de toda la sección.
- 2) El cuarzo metamórfico es poco abundante, concentrándose hacia la base.
- 3) Las abundancias relativas de cuarzo monocristalino, plagioclasa y feldespato de potasio son parecidas y constantes a lo largo de todo el perfil.

En todos los casos las areniscas poseen una proporción de matriz que fluctúa entre el 10 y el 30 % por lo que se clasifican en su totalidad como wackes, con valores de porosidad en su mayoría nulos.

SECCION 5



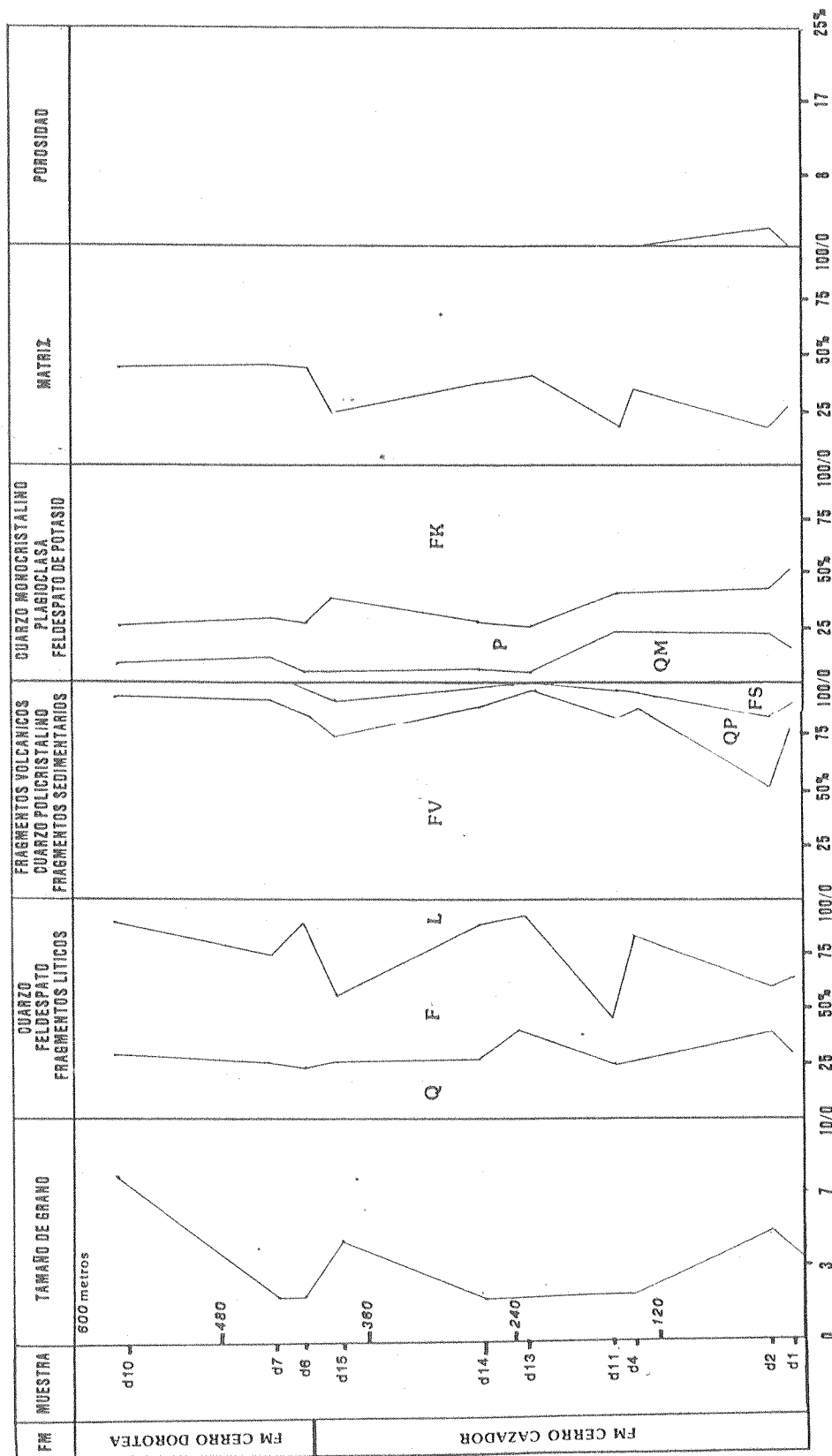
SECCION 6

Esta sección, ubicada en el área de Río Turbio comprende a 600 metros de la Fm Cerro Cazador. Las tres muestras superiores (d6, d7 y d10) pertenecen a la base de la Fm Cerro Dorotea. De base a techo se reconocen las siguientes tendencias composicionales:

- 1) Incremento del tamaño de grano.
- 2) Proporciones relativamente constantes de cuarzo, feldespatos y fragmentos líticos a lo largo de toda la sección.
- 3) Fragmentos volcánicos y feldespato de potasio abundantes en toda la sección.
- 4) Escaso cuarzo monocristalino y policristalino, y fragmentos sedimentarios en la sección.

Los porcentajes de matriz varían entre un 15 y 40 %, clasificando a estas rocas como wackes (Dott, 1964). Como en el caso de las secciones 4 y 5, los valores de porosidad son muy bajos y restringidos solo a algunos horizontes de esta unidad.

SECCION 6



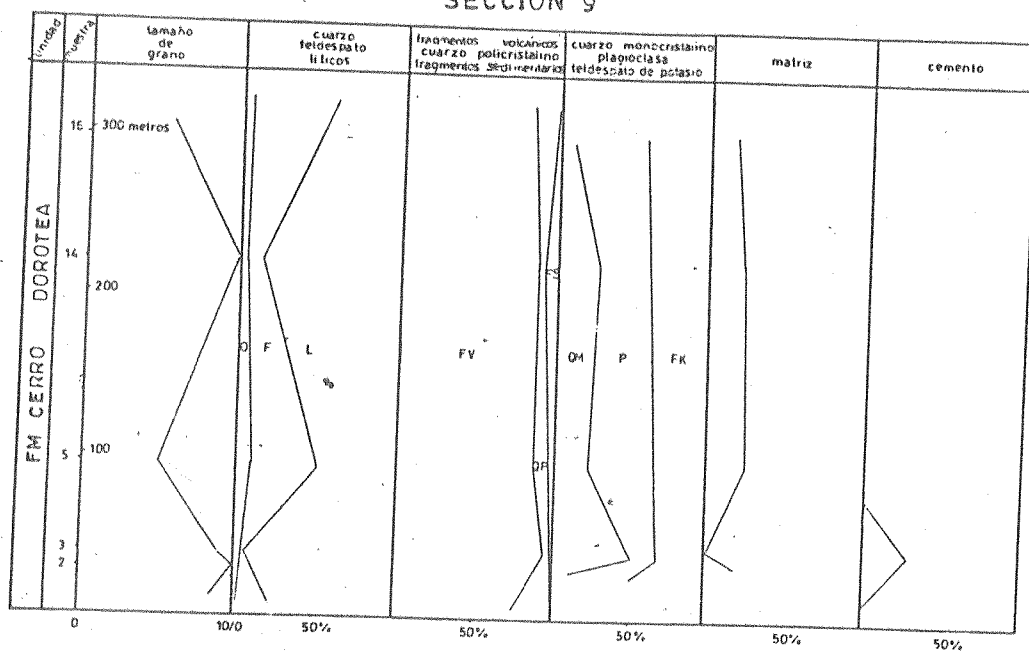
SECCION 9

Esta sección, ubicada en el área de Cancha Carrera, fue relevada por la Comisión Geológica de YPF y comprende a 300 metros de la Fm Cerro Dorotea. De base a techo se observan las siguientes tendencias composicionales:

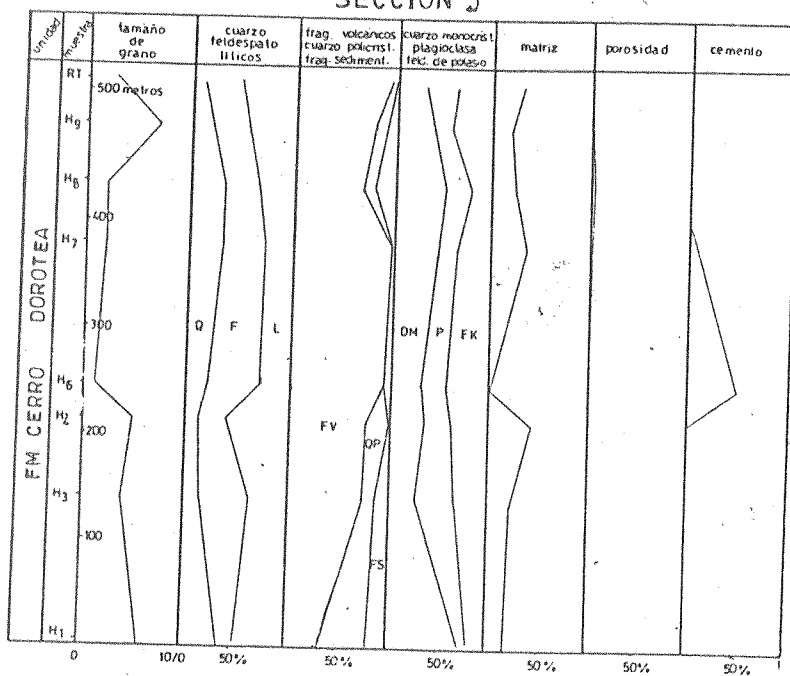
- 1) Fragmentos líticos de origen volcánico muy abundantes
- 2) Cuarzo monocristalino y policristalino escasos.
- 3) Abundancias relativas de cuarzo monocristalino, plagioclasa y feldespato de potasio son parecidas y constantes a lo largo de todo el perfil.

En todos los casos las areniscas poseen entre 10 y 40 % de matriz, clasificándose como wackes, con valores de porosidad nulos.

SECCION 9



SECCION 5



TABLAS CONFECCIONADAS CON EL CONTEO DE PUNTOS

Referencias

sam: muestra

Qzm: cuarzo monocristalino

Qzp: cuarzo policristalino

Qzv: cuarzo volcánico

Qzo: cuarzo de extinción ondulante

che: chert

Pla: plagioclasa

Fto: feldespatos

Opa: minerales opacos

Por: porosidad

Malt: minerales alterados

VRF: fragmentos volcánicos

SRF: fragmentos sedimentarios

MRF: fragmentos metamórficos

Mtx: matriz

clo: clorita

Mus: muscovita

bio: biotita

Mic: microclino

hor: horblenda

CO3: cemento carbonático

Hem: hematita

gla: glauconita

TOT: totales

SECCION 1

Sam	QZM	FTO	QZP	VRF	MTX	QZV	PLAGFOR	OPA	MaItche	CLO	SRF	QZO	BIO	QZO	MUS	HOR	CO3	HEM	MIC	GLA	FDS	TOT
C1	132	35	92	23	66	4	0	43	8	1	0	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	416
C2	136	30	68	15	121	1	0	15	10	0	6	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	407
C3	100	14	159	11	56	1	0	40	4	0	18	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	424
C5	62	49	29	76	134	3	7	3	0	7	4	5	0	0	0	9	0	0	0	0	0	391
C6	59	32	16	73	170	10	11	1	24	8	8	1	0	0	0	0	22	0	0	0	0	443
C7	63	40	20	34	143	38	10	2	13	12	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	395
C9	76	57	3	17	197	24	11	0	18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	408
C10	32	21	26	137	94	41	19	6	13	6	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	416
C11	29	37	19	96	119	50	19	0	14	14	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	418
C12	3	22	24	202	90	24	11	10	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	410
C13	12	30	9	61	174	53	44	0	12	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	425
C14	6	29	22	182	104	35	39	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	445
C15	8	25	21	137	117	38	43	0	8	6	4	0	0	0	1	2	8	0	0	0	0	444
C16	4	17	11	119	118	51	50	0	3	5	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	400
C17	21	33	29	93	99	79	34	32	7	21	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	422
C18	7	11	8	31	0	36	7	1	9	0	4	0	0	0	0	1	253	0	0	2	13	415

FM CALAFATE

ANITA

LA

FM

189

SECTION 2

Sam	qzv	pla	Por	OPA	Alt	QzM	Fto	QzP	vrf	MTX	Qzd	srf	clo	mus	bid	mic	hor	CO3	Che	TOT
B1	0	12	5	14	13	123	68	28	3	115	4	0	0	0	2	0	0	0	10	399
B2	0	8	2	9	15	115	55	20	8	131	0	1	0	0	2	0	0	18	13	399
B3	0	5	0	7	16	116	56	17	10	151	0	6	0	2	4	0	0	0	7	399
B4	0	5	0	14	13	135	52	25	4	139	0	0	2	1	1	0	0	0	9	400
B5	0	3	3	3	20	103	50	25	3	0	0	0	0	1	0	0	0	191	6	408
B6	0	5	1	11	13	129	55	18	0	169	0	0	0	2	1	0	0	0	7	411
B7	0	3	0	8	18	123	76	16	3	145	0	0	0	6	2	0	0	0	4	403
B8	0	3	1	16	10	131	63	28	3	114	0	0	0	1	10	0	0	0	16	397
B9	0	4	1	0	16	127	65	29	9	114	0	0	1	0	14	1	0	0	15	403
B10	0	10	10	4	13	132	73	28	8	100	0	1	1	1	8	0	1	0	9	401
B11	0	12	6	8	28	138	69	19	5	91	1	2	2	0	12	1	0	0	5	401
B12	0	14	0	18	10	125	80	36	9	101	1	0	4	2	8	0	0	0	2	402
B13	0	6	6	13	11	179	65	28	4	88	0	0	0	0	1	0	0	0	10	408
B14	0	3	7	51	11	149	53	43	15	44	1	1	0	0	0	0	0	0	21	399
B15	0	3	22	9	9	146	72	69	10	48	0	3	0	1	0	0	0	0	13	402
B16	0	0	8	14	0	167	17	72	0	112	1	0	0	0	0	0	0	1	9	401
B20	0	0	23	55	21	119	30	70	5	42	2	13	0	1	0	0	0	4	17	403
B21	0	1	17	21	8	159	34	59	2	66	0	9	0	0	0	0	0	0	20	398
B22	0	3	9	29	6	151	38	46	10	80	2	7	0	0	0	1	0	0	22	403
B24	0	2	0	38	26	26	31	6	63	152	0	0	7	0	0	0	0	0	1	419
B25	0	69	0	40	16	94	20	72	9	90	0	3	0	0	0	0	0	11	37	400
B26	0	4	4																	
B27	0																			

FM LA ANITA

SECCION 3

Sam	QTM	FD	SVRFQZP	SRF	MTX	BID	MUS	OZO	CLO	OFA	FLA	QZV	MRF	MaltFOR	HEMMIC	HOR	GLA	VRF	TOT
A2	180	50	16	22	2	98	0	0	0	1	3	5	21	21	0	0	0	0	419
A3	138	26	1	5	3	154	0	0	0	4	3	0	0	13	0	0	0	0	347
A4	137	53	2	36	2	104	0	1	24	1	7	0	0	18	1	0	0	1	389
A5	147	106	2	15	4	112	0	1	7	0	3	0	0	17	1	0	0	0	421
A6	116	112	0	9	0	147	0	0	3	17	4	0	0	3	0	0	0	0	414
A7	103	90	2	21	2	142	0	1	3	1	10	0	0	12	4	0	0	0	449
A9	91	96	0	9	4	126	2	0	2	1	23	4	0	9	0	0	0	0	367
A10	111	82	2	36	10	111	0	0	5	2	13	6	0	7	1	19	0	0	406
A11	88	99	2	10	24	108	1	4	4	9	10	2	1	8	6	0	0	0	395
A12	115	105	1	7	9	113	21	3	1	6	5	0	0	4	0	0	0	2	399
A13	108	74	4	14	1	145	9	2	0	11	5	0	0	5	4	0	0	0	398
A14	130	86	0	18	1	106	14	0	0	15	5	0	0	9	0	0	0	0	398
A15	87	44	5	11	0	217	6	1	1	8	7	0	0	4	1	0	0	0	397
A16	119	68	11	21	7	112	5	2	3	9	24	0	0	12	1	0	0	0	401
A17	129	96	11	33	5	130	8	3	0	9	13	0	1	5	13	0	0	0	460
A18	117	78	4	46	5	99	5	3	1	8	24	0	0	8	0	0	4	0	402
A19	125	89	6	18	2	122	9	2	4	8	12	0	0	4	0	1	0	0	407
A20	124	81	6	32	4	124	1	1	1	8	6	0	1	2	4	0	0	0	399
A21	104	72	5	26	1	136	6	4	5	6	12	2	0	9	3	0	1	0	396
A22	143	51	7	39	2	54	1	0	4	4	37	0	1	10	34	0	0	1	389
A23	101	93	15	37	3	106	12	3	2	6	10	0	0	9	0	0	0	1	398
A24	112	40	24	59	15	56	4	0	2	0	11	0	1	13	15	38	0	1	393
A25	106	31	15	80	8	49	0	0	9	0	8	1	0	12	7	77	0	2	409
A26	112	51	26	47	13	67	7	0	6	0	1	1	1	17	34	0	0	0	388
A27	118	21	30	48	13	91	1	0	8	0	6	1	0	4	42	3	0	2	393
A30	142	32	14	68	5	42	12	0	8	6	2	0	0	9	22	0	0	0	372

FM LA ANITA

SECTION 4

sam qzv pla Por OPA Alt QzM Fto QzP vrf MTX Qzo srf clo mus bio mic hor CO3 Che TOT
 Rb1 0 24 0 12 14 59 53 10 34 176 0 0 12 0 6 0 0 0 0 400
 Rb3 0 12 0 11 25 60 50 8 26 187 0 0 13 0 2 0 0 0 0 8 402
 Rb5 0 11 0 7 31 24 46 6 200 68 0 0 0 0 3 0 0 0 3 6 405
 Rb6 0 11 0 16 30 95 65 4 2 174 0 0 4 0 0 0 0 0 0 2 403
 Rb8 0 19 0 6 30 95 64 2 4 266 0 0 1 0 2 0 0 3 1 6 499
 R11 0 8 0 3 39 30 45 6 14 0 0 0 1 0 0 0 0 252 4 402
 R15 0 26 0 19 29 72 76 4 15 146 0 0 0 0 0 0 0 0 0 8 395
 R18 0 9 0 15 19 153 67 21 51 43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 22 400
 R19 0 17 0 12 27 63 99 10 26 118 0 0 10 2 3 0 0 0 7 7 401

DOROTEA FM C. CAZADOR
 FM C.

SECCION 5

	sam	qzv	pla	Por	OPA	Alt	QzM	Fto	QzP	vrf	MTX	Qzo	srf	clo	mus	bio	mic	hor	CO3	Che	TOT
F1	4	4	4	0	19	25	81	34	1	12	50	0	2	5	9	1	0	0	0	160	0 407
F3	3	4	4	0	12	19	23	25	0	6	0	0	1	8	3	1	0	0	0	300	0 405
F5	0	11	0	0	2	20	84	55	3	3	0	0	0	7	3	0	2	0	0	209	0 399
F6	0	10	0	0	8	18	46	44	4	14	0	0	0	2	5	0	0	0	0	249	0 400
F7	2	5	0	0	8	5	59	37	18	31	0	0	4	2	2	0	1	0	0	225	1 400
F8	0	6	0	0	13	18	23	51	1	8	0	0	0	3	6	0	0	0	0	271	0 400
F9	0	7	0	0	12	11	42	38	3	11	0	0	0	5	2	0	0	0	0	269	0 400
F10	0	14	0	0	10	32	73	77	13	44	0	0	0	14	7	4	0	0	0	111	3 402
F11	0	26	0	0	21	23	58	101	17	41	88	0	0	11	5	0	0	0	0	8	0 399
F12	0	20	0	0	2	14	25	51	0	11	0	0	0	2	1	0	0	0	0	263	0 389
F13	2	25	0	0	21	10	59	61	12	55	146	0	1	3	2	2	3	0	0	0	0 402
F15	1	42	0	0	13	9	40	57	2	13	0	0	0	0	5	0	0	0	0	223	0 405
F16	0	16	0	0	7	9	86	114	1	11	158	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1 404
F17	0	22	0	0	10	15	46	102	4	13	187	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0 404
F18	0	22	0	3	13	15	133	86	6	4	112	0	0	0	1	5	0	0	0	0	1 401
F19	0	38	0	0	4	12	52	97	9	46	143	0	0	1	0	3	0	0	0	0	4 401
E13	31	18	2	2	19	18	90	44	22	54	90	0	5	2	3	0	0	0	0	0	7 405
E15	20	18	1	1	17	23	59	51	24	77	93	0	5	2	0	7	0	0	0	0	7 404
E4	20	11	11	11	6	16	61	66	40	100	57	4	16	1	1	0	0	0	0	0	0 410
E5	10	17	16	16	14	13	74	64	28	47	107	0	5	4	0	2	0	0	0	0	0 401
E7	31	20	0	0	8	24	27	47	18	126	99	0	13	1	0	0	1	0	0	0	0 415
E8	31	21	15	15	22	14	36	46	16	62	126	0	9	4	2	0	1	0	0	0	0 405
E9	52	19	0	0	8	17	37	62	17	96	95	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0 407
E10	35	20	2	2	16	12	49	76	20	65	92	0	5	1	0	0	1	1	0	0	9 403
E11	30	6	0	0	28	53	15	58	4	24	171	0	0	1	6	0	0	1	1	0	3 400

FM CERRO CAZADOR

SECCION 6

FM CERRO CAZADOR	QZM	FTO	QZP	VRF	MTX	QZV	PLAGFOR	OFA	Maltche	CLD	SRF	QZD	BIOTMUS	HOR	CO3	HEM	MIC	GLA	FOS TOT
d1	20	60	13	88	114	68	47	0	14	4	5	7	0	0	0	0	1	0	0 447
d2	19	45	40	62	63	100	17	7	14	8	1	10	0	0	1	0	2	0	0 403
d4	8	74	2	28	140	41	36	0	18	1	10	0	0	2	0	0	0	0	0 406
d6	3	65	0	18	164	53	18	0	21	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0 400
d7	4	91	2	23	146	41	28	0	16	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0 400
d10	4	56	23	97	95	57	29	0	15	1	0	8	1	0	0	0	0	0	0 398
d11	4	85	2	14	186	33	32	0	24	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0 399
d13	10	59	1	37	180	25	15	1	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0 390
d14	8	84	1	18	179	38	21	0	24	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0 401
d15	16	41	24	153	62	58	12	1	15	4	2	2	0	0	0	0	0	0	408

EM RIO TURBIO	Mue	QM	FK	Pla	Opa	MA	Qz.	FC	Cl	FV	Ch	MTZ	Gla	Tot
	599	12	17	69	2	17	4	41	150	5	83	0	400	
	385	4	7	26	0	12	10	10	189	5	137	0	400	
	532	6	8	85	4	25	3	28	151	6	81	0	400	
	603	33	24	40	0	18	14	22	74	2	169	0	396	
	601	11	13	87	0	31	15	38	126	3	75	0	399	
	341	6	5	98	6	24	0	18	112	1	134	0	404	
	523	24	23	85	3	21	3	17	85	14	109	14	398	
	539	4	8	88	2	20	0	18	160	0	140	10	450	
	361	4	26	70	6	42	2	8	122	6	108	0	394	
	537	2	14	80	2	40	0	50	112	8	100	0	408	
	559	8	6	68	3	39	0	30	166	2	78	0	400	
	612	6	6	56	4	34	0	2	130	2	66	100	406	

Cuadro A- Tabla de conteo original, número de puntos para cuarzo monocristalino, feldespato de K, plagioclasa, opacos, minerales alterados, cuarzo policristalino, clorita, fragmentos volcánicos, chert, matriz, y glauconita.

MUESTRAS FM RIO TURBIO

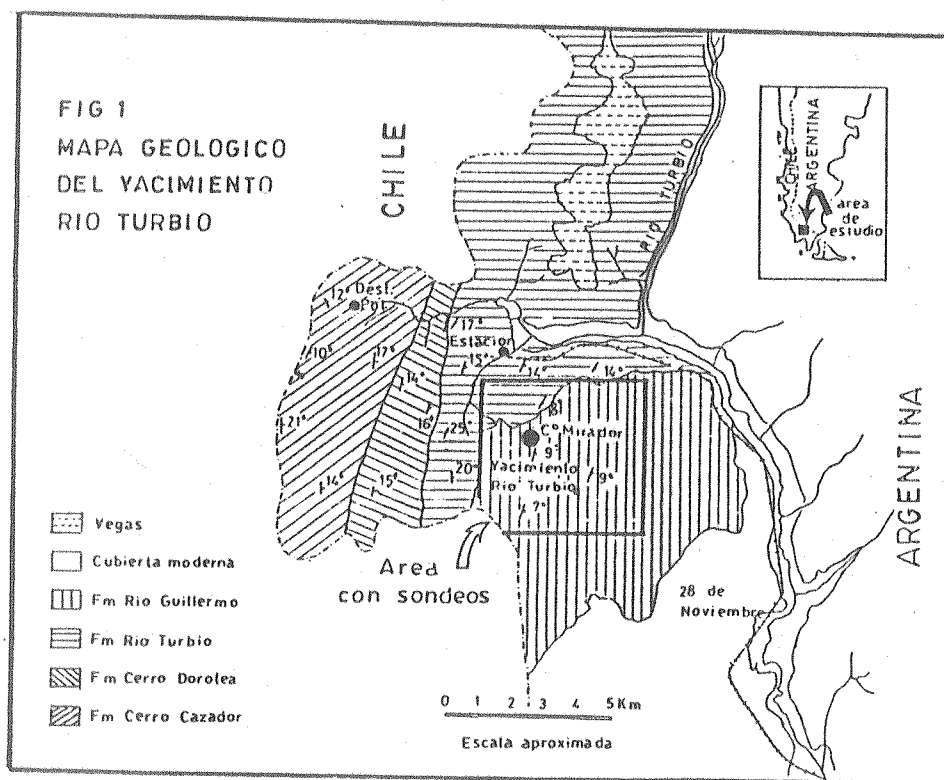


Fig A- Mapa geológico del área de estudio y ubicación relativa de área con sondeos.

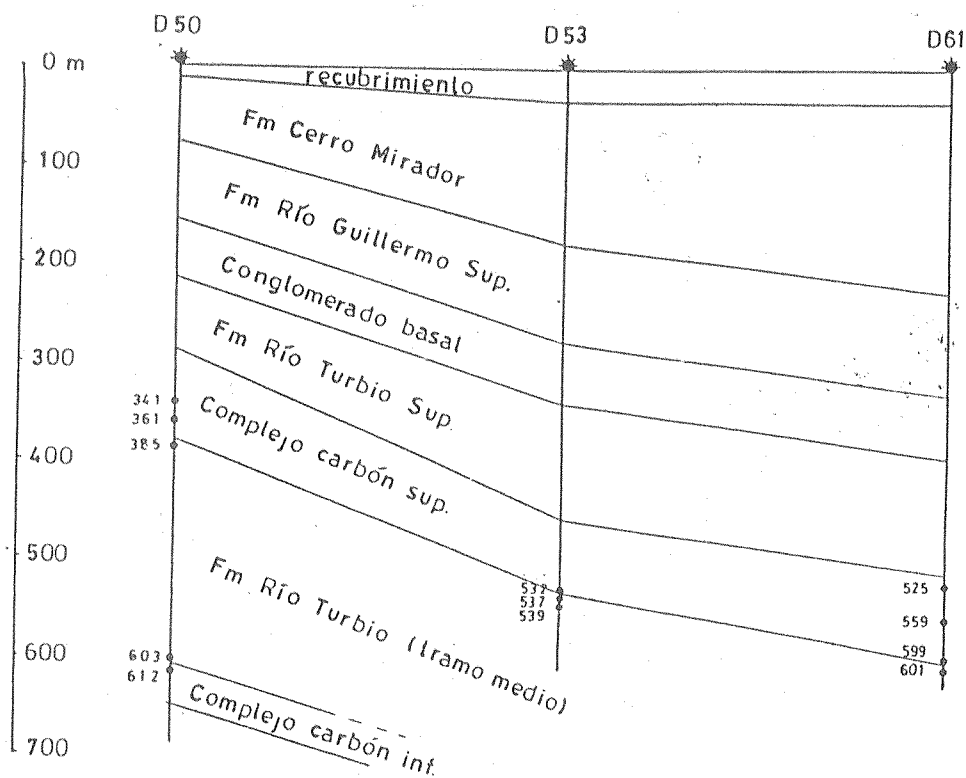


Fig B- Sección oeste-este nivelada al tope de la secuencia, con la ubicación (profundidad en metros) de las areniscas estudiadas.

AFENDICE III

	Muest	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO _t	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
EN RIO TURBIO	<u>A385</u>	69,98	17,03	2,99	0,96	4,24	4,06	0,07
	<u>A532</u>	62,71	18,61	6,99	3,55	3,42	3,95	0,12
	<u>A593</u>	62,42	18,18	5,81	3,32	3,93	5,35	0,12
	<u>A603</u>	61,42	15,74	5,44	0,99	12,70	2,89	0,17
	RT2	67,25	16,09	7,79	2,37	2,2	2,86	1,26
	RT3	69,11	17,38	5,44	1,93	2,46	2,34	0,79
	RT6	70,59	17,34	5,11	1,91	1,90	1,98	0,46
	RT8	71,20	19,42	3,89	2,07	0,80	1,86	0,16
	RT15	65,48	16,30	10,42	1,57	2,83	2,21	0,47
R.G.	AD5	66,66	16,19	7,62	3,12	4,41	1,18	0,12
	AD3	60,12	16,83	13,26	3,19	3,91	2	0,10
	AD11	58,56	20,69	11,52	2,24	4,57	1,92	0,08
R.L.	NR3	71,99	16,20	5,19	1,67	1,90	2,14	0,61
	NR5	67,59	18,04	8,10	1,73	2,63	1,47	0,08
	NR11	58,96	20	11,53	2,60	2,81	2,91	0,32
CENT.	NR24	61,64	17,80	7,62	3,40	5,40	3	0,45
	NR25	62,23	17,59	7,63	3,01	5,01	3,39	0,45
	NR28	64,08	17,98	7,40	2,65	2,73	2,23	2,34
C CAZADOR	<u>F10</u>	70,04	13,06	5,14	1,77	5,85	2,54	1,28
	<u>F4</u>	66,02	17,63	8,44	2,98	1,10	0,83	2,48
	<u>E7</u>	72,51	13,08	5,61	2,62	2,27	2,73	0,98
	<u>E3</u>	64,60	20,88	6,56	2,30	1,01	1,03	3,37
CAL.	<u>C5</u>	69,87	10,70	7,50	2,95	2,24	5,01	1,34
LA ANITA	<u>A14</u>	82,55	12,81	1,83	0,26	0,09	1,10	1,14
	<u>A20</u>	83,28	10,56	2,23	0,56	0,09	1,98	1,11
	<u>B9</u>	72,27	15,24	5,01	0,99	0,04	3,28	2,24
	<u>B15</u>	84,08	8,71	3,30	1,05	0,17	1,19	1,37
	<u>B19</u>	69,93	19,38	4,89	1,14	0,00	1,03	3,50

Tabla con los resultados obtenidos y recalculados sobre base anhidra para las areniscas y pelitas de las formaciones La Anita, Calafate, Río Leona, Centinela, Cerro Cazador, Río Turbio y Río Guillermo.

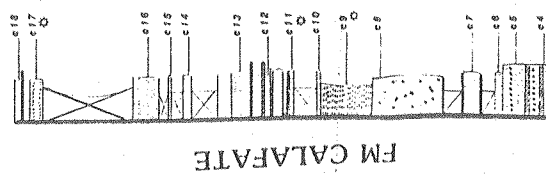
(Muestras subrayadas corresponden a las areniscas).

CORRELACION DE LAS SECCIONES MEDIDAS

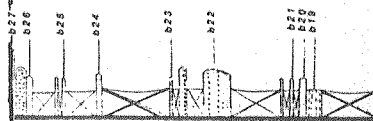
EN EL MARGEN OCCIDENTAL DE LA CUENCA AUSTRAL

CIC. 5

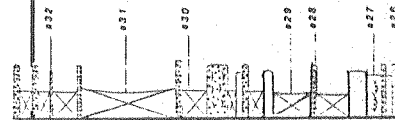
SECCION 1



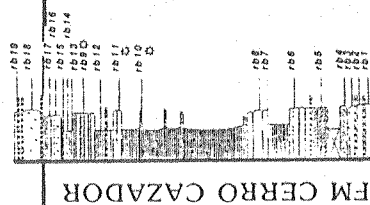
SECCION 2



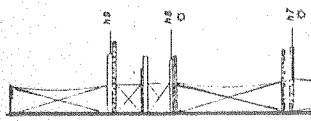
SECCION 3



SECCION 4

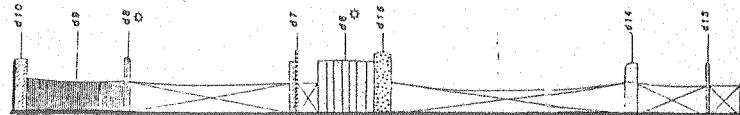


FM CERRO DOROTEA

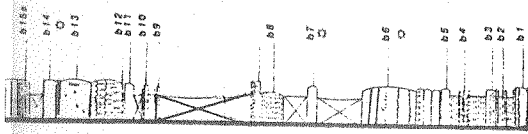


FM CERRO DOROTEA

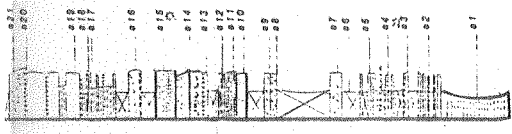
SECCION 5



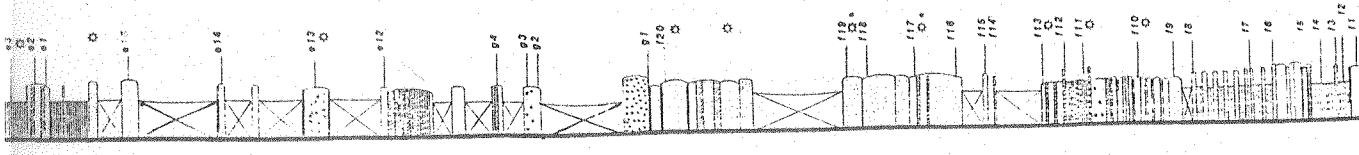
AZADOR



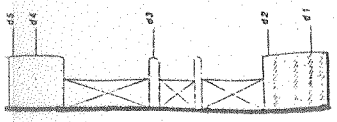
FM L.
















FM LA.



FM



-  CONGLOMERADOS
-  ARENISCAS
-  PELITAS
-  CALIZAS
-  INTRUSIVOS
-  SECCION NO EXPUESTA
-  ESTRATIFICACION ENTRECRUZADA
-  ESTRATIFICACION EN ARTESA
-  CONCRECIONES
-  ESTRUCTURAS BIOGENICAS
-  FOSILES
-  HORIZONTE CON Hoplitoplacenticeras
-  MUESTRA

ESCALA VERTICAL
400 metros

300

200

100